

المجلد 27 ـ العددان 10/9
سبتمبر/ أكتوبر 2011

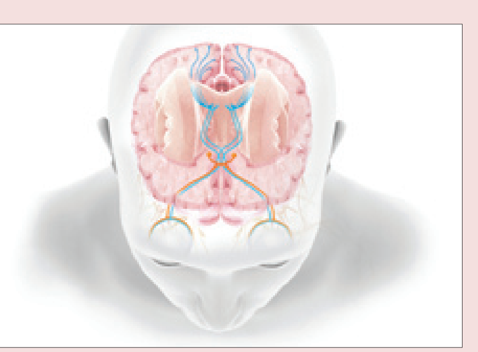
SCIENTIFIC AMERICAN
September / October 2011

العددان 281/ 282 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي

آخر احترار عالمي كبير



حرب الغذاء:
اتهامات للمحاصيل المعدلة وراثياً



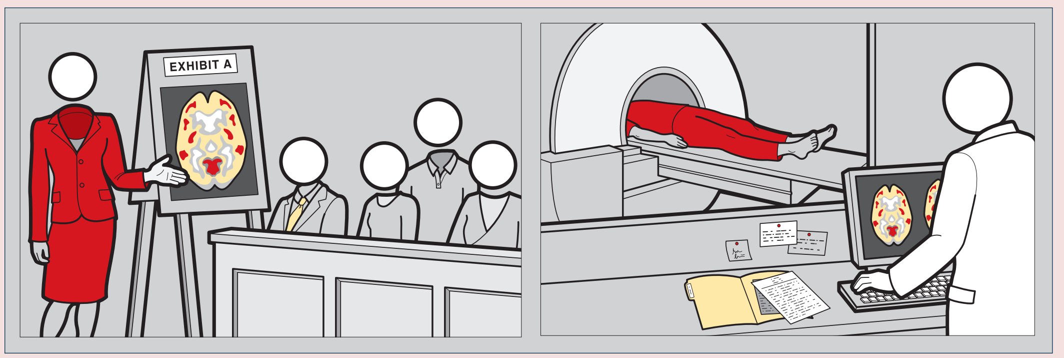
العضو الخفي في عيوننا:
مستقبلات ضوئية لا بصرية



حلُّ معضلة تمييز الحواسيب لأحاديث متزامنة



«إلى العلم أحتكم»
عالِم الفيزياء «مولر» والاحترار العالمي



علم الأعصاب في قاعة المحكمة:
دور مسوح الدماغ في المحاكمات القضائية

أخبار نيتشر بالعربية

nature ARABIC NEWS

مجلة جديدة تبحث عن رئيس تحرير لها

ستكون أخبار نيتشر بالعربية إصداراً جديداً لترجمة عربية لمواد مستقاة من المجلة الأسبوعية العلمية العالمية المرموقة *NATURE*، وهو مشروع رئيسي جديد للشركة مَكميلّان للاتصالات العلمية (MSC) المنبثقة عن مجموعة نيتشر للنشر (NPG)، التي تُصدر عددا من المجلات العلمية العالمية المرموقة، ومنها *Nature* و *Scientific American* (التي تُترجم إلى العربية منذ عام 1986 باسم *مجلة العلوم*).

وفي إطار مشروع النشر الجديد هذا، تبحث الشركة MSC عمن يتولى باقتدار إدارة تحرير هذه المجلة الجديدة وليكون أول رئيس تحرير أخبار نيتشر بالعربية **Chief Editor of Nature Arabic News**

سوف يشرف رئيس التحرير على اختيار كافة المواد التحريرية للترجمة، ويدير فريق تحرير المجلة، ويأخذ على عاتقه تعظيم شأنها وجودتها ومكانتها العلمية. وعليه أيضا، أن يعمل عن كثب مع MSC/NPG في الرعاية التجارية وفِرَقْ الإعلان والرعاة الخارجيين external sponsors.



يشترط في المتقدم لهذه الوظيفة: أن يكون طليقا في اللغتين العربية والإنكليزية وحاصلا على شهادة علمية عليا؛ وقادراً على فهم المواد العلمية باللغة العربية بمختلف لهجاتها؛ ولديه خبرة في التحرير العلمي باللغة العربية لا تقل عن ثلاث سنوات، وخبرة في الترجمة من الإنكليزية إلى العربية؛ وأن يكون مطلعاً على قضايا الجماعة العاملة في البحث العلمي واحتياجاتها عالميا، وبوجه خاص في الشرق الأوسط.

وعلى المتقدم أن يرسل سيرته الذاتية CV متضمنة ما يلي: عرضا موجزا لخبراته ذات الصلة، وأمثلة عما كتب أو حرر بالعربية من أخبار علمية و/أو وجهات نظر، وكذلك مثالين لترجمة حديثة قام بها لاثنين من المعالم البحثية Research Highlights الواردة في المجلة *NATURE*، انظر: http://www.nature.com/nature/current_issue.html#rhighlts

يرجى تقديم الطلب لهذه الوظيفة في موعد أقصاه 2011/11/21 عن طريق الموقع الإلكتروني http://jobs.macmillan.com مع إدخال الرقم NPG/167/11، متضمناً ما يلي: عنوان المتقدم، رقم هاتفه نهارا، عنوانه الإلكتروني، راتبه الحالي، معلومات خاصة بمعرفين اثنين، والتاريخ الذي يكون فيه مستعدا لتسلم عمله الجديد. وعلى المتقدم كذلك أن يذكر في الرسالة المرافقة لطلبه ما يلي: الراتب الشهري الذي يتوقعه في هذه الوظيفة ومدى اهتمامه بها وملاءمته لها.

هذا وستكون الوظيفة بدوام كامل في مقر شركة مَكميلّان بالقاهرة، وسيكون راتب هذه الوظيفة متناسبا مع خبرات صاحبها.

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 27 ـ العددان 10/9 (2011)
282/281

مراسلات التحرير

توجه إلى: رئيس تحرير مجلة العلوم
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق – الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
عنوان البريد الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw – موقع الوِب: www.oloommagazine.com
هاتف: 22428186(965+) – فاكس : 22403895(965+)

الإعلانات

في الوطن العربي يتفق عليها مع قسم الإعلانات بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O.Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	*	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	*	ليرة	Cyprus	CI	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	*	شلن	ليبيا	*	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	–	–	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	*	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	*	فرنك	فلسطين	1.25	$	موريتانيا	*	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

[* ما يعادل بالعملة المحلية دولارا أمريكيا ونصف الدولار (USA $ 1.5)]

■ **مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية** (*انظر الصفحة 70*).

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة: تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

بزيارة موقع المجلة **www.oloommagazine.com** يمكن الاطلاع على مقالات الإصدارات المختلفة اعتبارا من العدد 1995/1.
كما يمكن الاطلاع على قاموس مصطلحات العلوم باتباع التعليمات الواردة على الصفحة الرئيسية للموقع.

يمكن تزويد المشتركين في العلوم بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

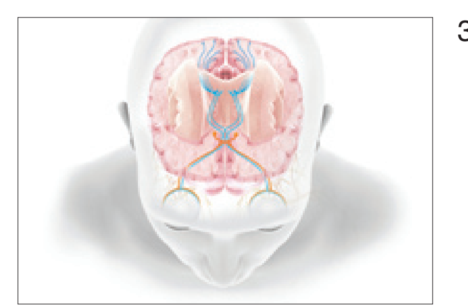
1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and Formats ثم اضغط OK

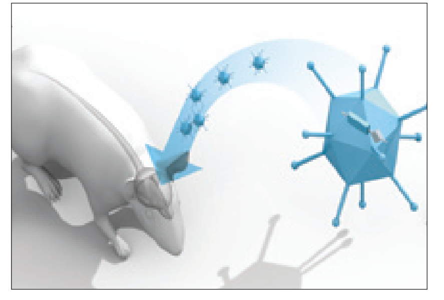
شارك في هذا العدد

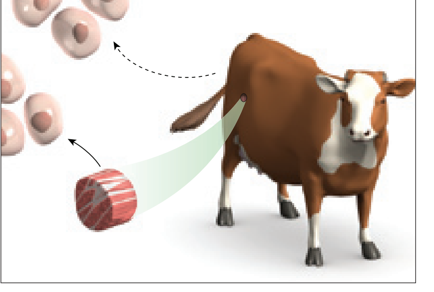
نزار أبا زيد
رويدة أبو سمرة
خضر الأحمد
علي الأمير
عمر البزري
محمد حسن حتاحت
عدنان الحموي
محمد دبس
زياد درويش
عماد ريحاوي
نزار الريس
غدير زيزفون
وليد الشارود
جمال عبدالعاطي
فؤاد العجل
سحر الفاهوم
أمل كفا
عيسى لطفي
أيمن المريري
جاكلين ولسن

المقالات

ترجمة أو مراجعة







إلى العلم أحتكم(*)

لماذا لم يقل <A. R. مولَر> للمتشككين المناخيين(1) في مجلس النواب ما كانوا يريدون سماعه.

مقابلة أجراها <D.M. ليمونيك>

لـم يكـن <A.R. مولر> يرتـاح على الإطـلاق للحكمـة العلميـة المعهودة. فعندما جاء أسـتاذه <L. ألفاريس> في الثمانينـات بالفكرة الغريبـة التي تفيد بأن مذنَّبا عملاقـا أو نيزكا ضخما قد اصطدم بالأرض فأدى ذلك إلى انقراض الديناصـورات، قـام فيزيائـي بيركلي (جامعة كاليفورنيـا) بالذهاب إلى أبعد من ذلك، واقترح أن المذنب قد قذف به إلى طريقنا نجم معتم مرافق للشمس، أطلق عليه <مولر> اسـم نُميسيس Nemesis. وافتـرض في التسـعينات أن العصور الجليدية التي مرت على الأرض سـبَبها حطام فضائي ناتج من التغيرات الدورية في موقع مدار الأرض.

وبـيَّن <مولر> حديثا أن ما أسـماه <آل كـور> «الحقيقـة المزعجـة» ليس سـوى حزمة مـن أنصـاف الحقائق، وأكد أن قياسـات ارتفاع درجة حرارة الكـرة الأرضيـة مليئة بشـروخ عميقة جدا، وأصر على أن الكثيرين من الذين حذروا مـن التغير المناخي لـم يقوموا سـوى ببيع الناس قائمـة بالحاجيات. ومع أن <مولر> مقتنع بأن التغير المناخي حقيقة واقعة وينطـوي على خطر كامن قد يكون البشـر متسببين في جزء منه، إلاّ أنه وجّه العلماء باتجاه تجاهل النقد الذي يثيره الدخلاء أمثال عالم الأرصاد الجويـة <A. واتـس> صاحـب مدونة blog: Watts Up with That، والإحصائي <S. ماك إنتاير> صاحب مدونة **التدقيق المناخي** Climate Audit. وبـدأ <مولر> مع مجموعة من زملائه مشروع **بيركلي لحرارة سطح الأرض** (BEST)(2) ليصلح الشروخ الموجودة في قياسات **الاحترار العالمي** global warming.

وأدت وجهـات النظر التـي تبناها <مولر> إلـى جعله حبيب المتشـككين والجمهوريـين المنتخبـين حديثا الذين دعوه إلى مجلس النواب ليدلي بشهادته أمام لجنة العلوم والفضاء والتقانة فيما يتعلق بالنتائج الأولية التي حصل عليها. ولكن <مولر> فاجأ المتشـككين وقيادة اللجنـة كما فاجأ نفسـه عندما صرح أمـام اللجنة في 2011/3/31 بأن ما تبين حتـى الآن هو أن المشـروع BEST قد أثبت مجرى التفكير السائد في موضوع التغير المناخي: فالأرض تسـخن وفق إسقاطات النماذج المناخية.

وهذا الاعتراف حـوّل <مولر> فورا من بطـل إلى وغـد في عيـون بعض المتشـككين، وأدى في الوقت نفسه إلى ابتهاج المناخيين. نشر الموقع Grist على الوِب: «العلم ينشـب أنيابه في مؤخرة المتشككين المناخيين على أرض مجلس النـواب.» أمـا <مولر> فسـوف ينهي الدراسة الأخيرة في أي يوم الآن، وإذا أدت هذه الدراسـة إلـى تأكيد النتائج الأوليـة، كما هو متوقع، فسـوف يعمد المتشككون إلى الحط نهائيا من مكانته. ولكن <مولر> أوضح في مقابلة أجراها مع مجلة *سـاينتفيك أمريكان* بعد فترة وجيزة من الانتهاء من الإدلاء بشهادته تلك أن هذا الأمر لا يقلقه البتة.

سـاينتفيك أمريـكان (SA): ***لمـا كنت فيزيائيـا متمرسـا، فما الـذي جعلك تهتم بموضوع التغير المناخي؟***

<مولر>: لقد اهتممت بداية بالعلاقة بين علم الفلك وتاريـخ الأرض الجيولوجيا (علم الأرض). وثمة نظرية تدعى **نظرية ميلانكوفيتش**(3) تربط العصور الجليدية بأحـداث فلكية، ولكن هـذه النظرية لم تحظَ بأي اهتمام علمي على مدى طويل من الزمن – هل علـم الفلك صحيحا؟ فالنـاس يعتقـدون أن المسـتقبل في النجوم، وأعتقد أنه لهذا السبب لم يلقَ هذا الحقل سـوى القليل من الاهتمام. لقد أمضيت عشـر سنوات دارسا هذا الحقل أنقب في كتاب يدعى «***العصور الجليدية والمسـببات الفلكية***»(4)، وهو كتاب مفصـل وتقني ورياضياتي جدا. ومن الطبيعي عندما سـألقي محاضرة فـي هذا الموضـوع، أن ينصب نصف

(*) I STICK TO THE SCIENCE
(1) the climate debate
(2) Berkeley Earth Surface Temperature
(3) the Milankovitch theory
(4) Ice Ages and Astronomical Causes



باختصار

من هو
<R. A. مولر>

مهنته الأصلية والثانوية
فيزيائي أصبح ضالعا في أبحاث التغير المناخي

أين
مختبر لورانس الوطني في بيركلي

مجال بحثه
الفيزياء الفلكية والجيوفيزياء

صورة كبيرة
أغضب <مولر> المتشككين المناخيين بعدما شهد في الكونگرس أنه يوافق وجهة النظر السائدة في أن الأرض تسخن وفقا لما تبينه النماذج المناخية.

عدد الأسئلة التي ستطرح حول هذا الموضوع على الاحترار العالمي. ولذلك بدأت بالاستعداد للإجابة عن هذه الأسئلة بدراسة موضوع الاحترار العالمي، وكانت جميع الوسائل التي طورتها وجميع الطرائق التي تعلمتها، تتلاءم وهذا الحقل الجديد.

والسبب الفعلي الذي جعلني آخذ هذا الحقل على محمل الجد، هو معرفتي بأن معظم الناس يتجاهلون علاقة العلم بالموضوع، وهو أمر على غاية كبيرة من الأهمية. وطرحت توصيات تطالب حتى الأمم الفقيرة في العالم بأن تُخصص نسبة كبيرة من ناتجها المحلي الإجمالي لمعالجة مشكلة الاحترار العالمي. وقد شمل تأثير الموضوع سياسات الطاقة الرئيسية في الولايات المتحدة. ومع ذلك لا يبدو أن العلم قد حسم الأمر. ولذلك خطر لي بأنه ربما يكون من الأهمية بمكان أن يدرس عالِم فيزيائي ذلك الموضوع.

(SA): ***كيف خرج المشروع BEST إلى حيز الوجود؟***

<مولر>: قام أحد زملائي بلفت انتباهي إلى بعض القضايا التي أثارها <A. واتس> الذي قد يبين أن العديد من المحطات التي تسجل درجات الحرارة كانت سيئة التموضع جدا، فقد كانت قريبة من الأبنية ومن مصادر الحرارة. وكذلك كنت قد اطلعت بصورة منفصلة على العمل الذي أجراه <S. ماك إنتاير> في كندا والذي درس بيانات «عصا (لعبة) الهوكي» [وهي البيانات التي أدت عام 1999 إلى خط بياني يبين أن درجات الحرارة بقيت ثابتة تقريبا مدة تقارب الألف سنة ثم أخذت تتصاعد بحدة في القرن العشرين مثل نصل عصا الهوكي].

وقد راجعت الورقة العلمية التي تشرح مسألة عصا الهوكي، فأصبحت غير مرتاح إلى درجة كبيرة، وشعرت بأن هذه الورقة لم تدعم الخط البياني بصورة كافية.

وبعد عدة سنوات ظهر <ماك إنتاير> وبيّن بالفعل أن مخطط عصا الهوكي البياني لم يكن في الحقيقة صحيحا. فقد تأثر بخطأ مهم جدا ارتكبه العلماء في طريقة حساب المكونات الرئيسية. ولذلك كنت مسرورا لأنني فعلت ذلك.

وكانت هناك أيضا قضايا أخرى. إذ وجدت ثلاث مجموعات رئيسية تقوم بتحليل درجات الحرارة. فأدى ذلك إلى ظهور قضايا مهمة، كانت إحداها: لماذا قام هؤلاء باستخدام جزء صغير فقط من محطات الحرارة؟ فقمنا بالنظر إلى هذه القضية وفهمنا أنهم فعلوا ذلك لأن طرائق التحليل الإحصائي التي استخدموها لم تتوافق سوى مع عدد صغير من المحطات، وكانت تعطي نتائج أفضل عندما تكون سجلات مستمرة خلال مدة طويلة. وهكذا كانوا يقومون باختيار المحطات التي كان لديها مثل هذه السجلات.

يطــرح مثــل هــذا الفعل ســؤالا مشــروعا: هل هناك تحيـز كامن عند اختيار المحطات التي تمتلك ســجلات طويلــة ومســـتمرة؟ مــن الطبيعي أن يحــدث ذلك، فلــو كان لدينــا محطة تعمــل منذ نحو مئة ســنة، يحتمل أن تكون عنــد بدء عملها واقعة في منطقة بعيــدة عن العمـــران ولكنها أصبحت

(SA): *هـل كان التفكير السـائد لدى فئات تحليـل درجات الحـرارة بهذه الطريقة أيضا؟*

<مولـر>: لقد اتصلنــا بالفئات الأخرى العاملــة في هذا المجال ويمكنني القول إنــه ثمة اتفــاق عالمي علــى أن إنجاز الأعمال بطرائق مختلفة قد يوفر العون. فمثلا رحب <J. هانسن> [من معهد ناسا

«قبل الإدلاء بشهادتي، نُشرت مقالات إخبارية في صحف رئيسية تدعي سلفا أنني متحيز وأن لي مآرب خاصة. ولست أدري من أين جاؤوا بذلك.»

في الوقت الحاضر تقع داخل المدينة، وقد يكون ذلك أعطاها ازديادا حراريا غير ســوي. وهذا الأمر يشــاهد في طوكيو، على ســبيل المثال ويدعى ذلك **تأثيـر الجـزر الحرارية فـي المناطق الحضرية**[1] UHIE.

لقد ادعت الفئات الثلاث أن ذلك لم يكن مشكلة. وربما يكونون على صواب. لكننا وجدنا أن تقييم هذا الأمر صعب جدا ورأينا أنه باســتخدام الحواسيب الحديثــة، قد نتمكن مــن تصميم نظام يمكنــه فعلا اســتخدام جميع البيانات التــي تعالج المشــكلات المعروفة، مثل التأثيــر UHI، بطريقــة مختلفة. وهذه الطريقة ليست بالضرورة أفضل وإنما هي مختلفة عن غيرها.

وهذا هــو الأســلوب الــذي يتبعه العلمــاء في إنجاز الأمــور. فلا يمكننا دائمــا الادعــاء أن طرائقنا أفضل مما ســبقها، ولكــن يمكــن إنجــاز العمل بأسلوب مختلف لنرى هل سنصل إلى النتيجة نفسها. فإذا حصلنا على نتيجة مختلفة يبرز عندئذ الســؤال لماذا نقوم بدراســة ذلك. فالقيام بإنجاز الأعمال بطريقــة مختلفــة هو ربــح حقيقي في موضوع كالذي نحن بصدده.

كودارد لدراســات الفضــاء] بالجهود التــي نبذلها لأنه يعتقد، اســتنادا إلى خبرته الشــخصية في هذا الموضوع، أن الجواب الذي نحن بصدد الحصول عليه ســيكون مماثلا لــما حصلت عليه مجموعتــه الدراســية.إن ذلــك لطيف جدا – فهذا النــوع من الثقة لا يصدر إلا عن أشخاص أجروا أعمالا دقيقة.

(SA): *لقد ندد <A. واتس>، الذي يعده بعـض علمـاء المنـاخ رافضا وليس مجـرد متشـكك، بتصريحاتـك بـين النـاس قبل أن تتوافـر لديك النتائج النهائية؛ فلماذا فعلت ذلك؟*

<مولـر>: إن فكرة عــدم عرض نتائجك على أحد، بما في ذلك زملائك، قبل أن تتم مراجعتها علميا من قبل الأقران أمر جديد على العلــم، وقد جرى اعتمادها لجذب انتباه وســائل الاعــلام. وأنا لا أرى هذا أمرا جيدا.

وقــد تصبح المســألة أكثر صعوبة عندما يُطلب إلى شخص مثلي أن يدلي بشــهادته في مجلس النواب الأمريكي (الكونگرس)، وكنت على وشــك رفض ذلك. لقد ناقشــت الأمر مــع زملائي، فقال معظمهــم: «تمعن، إنها الحكومة، المهم فــي الأمر هو أنــك إن لم تعطهم رأيــك وأفكارك بصــدق وصراحة عما تعرفه فســوف يقرون تشريعا لا يأخذ في الحسبان الوضع الحالي للعلم.»

(SA): *هـل تعتقـد أن أقوالـك التـي تصب فـي اتجاه ما يقولـه نقاد علم المناخ أمثـال <واتس> و<ماك إنتاير> هي السـبب في دعوتك إلى الشـهادة ظنـا من رئيـس اللجنـة <M.R. هول> أنك سـتكون معارضـا لما يجمع عليه فكر المناخيين السائد؟*

<مولـر>: قبل الإدلاء بشــهادتي، نُشرت مقــالات إخبارية في صحف رئيســية عدتني ســلفا منحــازا وملتزما برأي مسبق. ولست أدري من أين أتوا بذلك، ولكــن بإمكاني أن أخمــن: أعتقد أنهم كانــوا يتنبؤون بما ســوف أقوله أملا بالاســتهانة به أو تسفيهه عندما يخرج إلى الملأ.

ولــن أخوض فــي تخمــين دوافع رئاســة اللجنة الجمهورية. ويتملكني، بعد أن أدليت بشهادتي في الكونگرس، إحســاس هو أن معظــم أعضاء هذا المجلــس كانوا جديــين ومن أصحاب الرأي وأنهم لــو كانوا لا يتوافقون مع من تســميهم أصحاب الفكر الســائد فــي بعض وجهات النظــر، فذلك يعود لكونهم متشــككين موضوعيين يثيرون قضايــا حقيقيــة لــم تتــم بالضرورة الإجابة عنها.

فأنــا لا أهتم في أن يكون من أتكلم معه جمهوريــا أو ديمقراطيــا، فالعلم لا حزب له، وأعتقــد أن ملاذي هو في الاحتكام إلى العلم. فأنا لســت ملتزما بفكرة معينة وليس لدي أهداف سياسية تدعوني للانحياز لهذا الجانب أو ذاك. وأنا أحتكم إلى العلم، وهذا ما أنا بارع فيه. وإذا ما قلت شــيئا مُدهشا، فذلك أمر جيد ويسهم في إغناء النقاش.

(۱) urban heat-island جزر حرارية في المناطق الحضرية.

(SA): لقد قلتَ في أكثر من مناسبة أنه ما من شيء في الولايات المتحدة يمكن أن نقوم به لتخفيض الانبعاثات الغازية سيحدث أي فرق؛ لأن الانبعاثات الناتجة من حرق الفحم الحجري في الصين والهند تنمو بوتيرة سريعة.

‹مولر›: في الواقع إذا ما قمنا بالتخفيض واستمرت الهند في النمو وكذلك الصين، فإن تخفيضنا لن يحقق أي مكسب حقيقي. والأمل هو أننا سنكون قدوة تُحتذى من قبل الصين والهند. ولكن الطريقة التي يسَوقها الكثير من الناس لأسباب سياسية ولكونها أكثر حزما، هي أننا المسؤولون عن الازدياد الشديد لاحترار العالم، وعلينا تخفيض الانبعاثات بصرف النظر عما يفعله الآخرون. وليس هذا بالنظر إلى الأعداد.

(SA): هل تعد نفسك متشككا؟

‹مولر›: لا. ليس بالطريقة التي يستخدم فيها هذا المصطلح. أنا أعتبر نفسي متشككا مقبولا وفق الطريقة التي يتبعها أي عالم. ولكن الناس يستخدمون مصطلح «متشكك»، ولسوء الحظ، يخلطونه مع مصطلح «رافض». والآن يوجد رافضون مناخيون؛ لن أسميهم، ولكن الناس تعرف من هم. وهؤلاء إناس لايعيرون العلم اهتماما يذكر، لكنهم يعمدون إلى قطف البيانات المقدمة بطريقة غير صحيحة ويقولون إنه ليس ثمة مشكلة تذكر.

وأضم إلى قائمة المتشككين ‹واتس› و‹ماك إنتاير› وهما - في نظري - يقدمان خدمة كبيرة للمجتمع عن طريق طرح تساؤلات مشروعة ويقومان بقدر كبير من العمل في الداخل والخارج - ومما لا شك فيه أن ذلك جزء من العملية العلمية.

(SA): ولكنك بالتأكيد تنتقد الأشخاص الذين يمكن أن نسميهم «المدافعون عن البيئة»، أليس كذلك؟

‹مولر›: لقد نقل عني أنني قلت أن كلا من ‹آل كور› والكاتب في صحيفة نيويورك تايمز ‹L .Th. فريدمان› مبالغ، وهما كما أرى شخصان مهتمان بشدة بأخطار ازدياد الاحترار العالمي، ولكنهما من الذين يقتطفون البيانات أيضا، ولا يعيرون العلم أي اهتمام. وهذا الأمر غير مستغرب، فهما ليسا باحثين علميين.

فالعلم ليس كذلك، إذ إنه يفرض عليك أن تدرس جميع البيانات وتستخرج نتيجة متوازنة. وأعتقد أن ما يدفعهما إلى ما يقومان به هو اهتمامهم الشديد بالأمر، وقد حققا بعض الأمور الحسنة فعلا مثل تعريف الشعب الأمريكي بقضية يجب أن يكون مطلعا عليها. ولكن لكونهما ليسا عالمين، شعرا بأنه لا يتعين عليهما أن يعرضا البيانات التي تُظهر عدم التوافق وعدم التناسب. و‹آل كور› في نظر الجماهير عالم. والخطير في الأمر أنك عندما تبالغ سيكتشف الناس أنك قد بالغت، وعندها يحدث رد فعل الناس.

(SA): كيف سيكون رد الفعل؟

‹مولر›: أشعر بأن جزءا من سبب نقص الاهتمام بمسألة التغير المناخي في الولايات المتحدة في هذه الأيام يعود إلى رد فعل الجمهور على المبالغة السابقة. فالجماهير هي الحَكَم المحايد وتستمع إلى كلا الاتجاهين. وعندما يسمع الناس مثل تلك النتائج المختلفة تتشوش أفكارهم. وأعتقد أن الناس هم حاليا في حالة من الارتباك والتشوش، لأنهم علموا أن بعض القضايا التي يثيرها المتشككون الموضوعيون صحيحة.

(SA): هل تعتقد أن الهيئة (IPCC)[1]، الحكم الرئيسي في علم المناخ، هي مؤسسة موضوعية؟

‹مولر›: تنطوي الهيئة IPCC[2] على بعض الموضوعية العلمية. ولكن المشكلة هي أن النواحي لدى الهيئة IPCC التي استحوذت على انتباه الجمهور هي الأماكن التي حصل فيها الكثير من المبالغات. وهكذا عندما يقول الناس إن الهيئة IPCC مازالت جوهريا على صواب، فإن نظر الجمهور لن يتوجه نحو قياسات ارتفاع درجات الحرارة والنماذج الحاسوبية بل سيتوجه نحو المبالغات التي تبنتها الهيئة مثل انصهار جليد الهملايا.

(SA): لقد كانت النتائج التي قدمتَها إلى الكونكرس في الشهر 3 «أولية» وتستند إلى نحو اثنين في المئة فقط من النتائج الكلية. فعندما ستنتهي من دراسة جميع البيانات هل ستَمثُل أمام المجلس مرة ثانية؟

‹مولر›: إذا طلب إليّ الإدلاء بشهادتي أمام المجلس، فسأقع في ورطة؛ وإنني متأكد من أن المجلس سيدعوني إلى الشهادة. فماذا علي أن أفعل؟ يا أيها المجتمع العلمي أرجو أن تقدم لي النصح حول ماذا تفعل عندما يطلب إليك بلدك أفضل ما لديك من معرفة في مسألة التغير المناخي في العالم؟ ■

‹D .M. ليمونيك› كاتب علمي متقدم في وكالة المناخ وهي منظمة غير ربحية وغير حزبية تهتم بعلم المناخ والصحافة المناخية.

(1) Intergovernmental Panel on Climate Change
(2) الهيئة الحكومية الدولية حول التغير المناخي.

مراجع للاستزادة

The Instant Physicist: An Illustrated Guide. Richard A. Muller. W. W. Norton, 2010.
Richard A. Muller's Web site: http://muller.lbl.gov

Scientific American, June 2011

حرب الغذاء(*)

إن المحاصيل المعدلة وراثيا تتلقى - على حد قول قيصر البحث الزراعي <R. بيتشي> - اتهامات غير مبررة من قبل البيئيين.

مقابلة أجراها <B. بوريل>

نشأ <R. بيتشي> في أسرة تنتمي إلى طائفة الآميش Amish التقليدية بولاية أوهايو في مزرعة صغيرة كانت تنتج الغذاء «بطرق بدائية» ، باستخدام عدد قليل من المبيدات الحشرية والعشبية أو المواد الزراعية الكيميائية الأخرى. فقد تابع طريقه ليصبح خبيرا مشهورا في ڤيروسات النباتات وليكون أول من أنتج محصولا زراعيا معدلا وراثيا - مثل نبات الطماطم (البندورة) الحامل لجين يمنحه المقاومة لڤيروس الطماطم الفسيفسائي المدمر. لا يرى <بيتشي> فرقا بين الفلاحة بتقنية بسيطة منخفضة التكاليف كان يستخدمها في طفولته بقريته وبين حياة مهنية قضاها في تطوير التقانات الزراعية الحديثة المرتفعة التكاليف؛ إذ يعتبر <بيتشي> المعالجة الوراثية للنباتات الغذائية طريقة مُسَاعِدَة للحفاظ على تقاليد المزارع الصغيرة بخفض كميات المواد الكيميائية المستخدمة من قبل المزارعين في محاصيلهم.

في عام 2009 تولى <بيتشي> زمام العمل في المعهد الوطني للأغذية والزراعة، الذراع البحثي الجديد لوزارة الزراعة الأمريكية ، حيث يتحكم في ميزانية تعادل 1.5 بليون دولار للسعي إلى تحقيق رؤيته المستقبلية عن الزراعة. وفي عام 2010 مَوَّلَ معهد «بيتشي» الأبحاث الزراعية الطموحة، مثل الدراسة الجينية الضخمة لـ 5000 سلالة من القمح والشعير، جنبا إلى جنب مع مشاريع غير متوقعة: مثلا تخصيص 15 مليون دولار لدراسة سلوكية على بدانة الأطفال في الولايات الريفية.

أثار تعيين <بيتشي> جدلا لدى دعاة حماية البيئة لأن عمله ساعد على البدء بمشاريع بقيمة 11 بليون دولار في الصناعة العالمية حول التقانات الحيوية الزراعية. لم تسوق شركات البذور مطلقا نباتاته المقاومة للڤيروسات، ولكن نجاح زراعة نبات الطماطم الذي أظهر مقاومة شبه كاملة للعديد من سلالات الڤيروس المختلفة - أكد على أهمية التقانة التي اعْتُمِدت في النهاية على نطاق واسع من قبل المزارعين في الولايات المتحدة. وحاليا في الولايات المتحدة فإن أكثر من 90% من فول الصويا ومحاصيل القطن وأكثر من 80% من نباتات الذرة هُنْدِسَت وراثيا لمقاومة مبيدات الأعشاب والحشرات باستخدام أساليب مماثلة لتلك التي طورت من قبل <بيتشي>. أثارت علاقات <بيتشي> القوية بالشركات الزراعية الكبيرة قلق **المزارعين العضويين** organic farmers وأولئك الذين يفضلون الطعام المنتج في مناطق قريبة منهم[1] الكثير من تمويل عمله في زراعة الطماطم من شركة مونسانتو - إضافة إلى دفاعه عن التعديل الوراثي للمحاصيل الغذائية. لا يزال <بيتشي> ثابتا على موقفه. وعلى الرغم من أنه يعتقد أن شركات البذور يمكنها أن تفعل المزيد لتحسين الأمن الغذائي في العالم النامي، لكنه يصر على أن التعديل الوراثي (المعالجة الجينية) أمر ضروري لإطعام الأعداد المتزايدة من

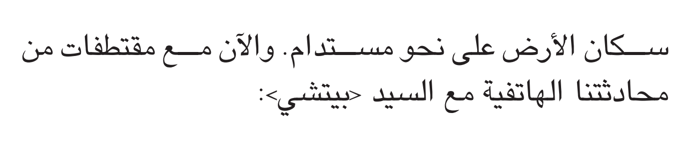
(*) FOOD FIGHT
(١) locavores

باختصار

كرائد في تطوير الأغذية المعدلة وراثيا أدى دورا مؤثرا على رأس وكالة أبحاث الزراعة الأمريكية.

يواصل <R. بيتشي> الدفاع عن مكانة بارزة للهندسة الوراثية للمحاصيل، ويدّعي أنها توفر أساسا لأغراض الزراعة المستدامة والخالية من المواد الكيميائية التي ستثبت أنها محض نعمة للبيئة مقارنة بمخاطر مضادات الأعشاب والحشرات التقليدية.

في الوقت نفسه أعرب الناقدون للأغذية المعدلة وراثيا عن قلقهم بسبب تعيين <بيتشي> في منصبه؛ إذ يدّعي <بيتشي> أنه من دون المحاصيل المعدلة وراثيا، سيضطر المزارعون إلى العودة إلى الممارسات القديمة التي من شأنها أن تسبب انخفاضا في غلة المحاصيل وارتفاع الأسعار وزيادة في استخدام المواد الزراعية الكيميائية الضارة بالصحة.



سكان الأرض على نحو مستدام. والآن مع مقتطفات من محادثتنا الهاتفية مع السيد ‹بيتشي›:

مجلة ساينتفيك أمريكان (SA): ***هل كنت حاضرا لترى الطماطم المعدلة وراثيا وهي تنمو عندما زُرعت في الحقل في إلينوي في عام 1987؟***

‹بيتشي›: بالطبع ، فقد كنت أنا من قام بزراعتها وكنت أقوم بعزقها؛ حيث كنت أمرّ على المكان مرة في الأسبوع، وأتحقق بنفسي من كل شيء في الحقل؛ كما ساعدتني ابنتي (K.C.) في نزع الأعشاب الضارة حول الطماطم في مرة من المرات. أردتُ حقا أن أرصد المزروعات وأرى كيف تطورت.

(SA): ***هل تفاجأت بفعالية الجين المقاوم للفيروس؟***

‹بيتشي›: بكل تأكيد ، فبينما كانت النباتات الأم والتي لا تحوي الجين تزداد ضعفا، كانت تلك النباتات المحتوية للجين تبدو وكأنها تتفجر حيوية كالديناميت. ما زلت أحتفظ بالصور الأصلية منذ 25 عاما. إنه لشيء جميل حتى الآن أن ننظر إلى هذه الصور ونقول: «لقد عمل فريقنا بجد حقا». رَأى أُناس آخرون النوع نفسه من الأعمال التقانية تطبق على الخيار والپاپايا papaya واليقطين والفلفل الأخضر. كثير من الناس يندهش من البساطة النسبية للمبدأ النظري ولمدى التأثير الكبير الذي قد ينتج منه.

(SA): ***إن الفعالية التي حققتها مثل هذه التجارب لا تدوم في الواقع إلى الأبد. نحن نرى اليوم أن هذه التقانات قدمت لنا نباتات مقاومة للحشرات وللأمراض النباتية التي تمت السيطرة عليها. فهل تعتقد أن الصناعة اعتمدت بشكل كبير على التعديل الوراثي كحل لكل المشكلات كرصاصة فضية؟***

‹بيتشي›: لا، تَحْدثُ هذه الأشياء في **استنسال**[1] النبات بجميع أنواعه، سواء أكان الاستنسال تقليديا أو جزيئيا كما نفعل الآن. وفي الستينات والسبعينات من القرن العشرين انتشرت أنماط جديدة من مرض صدأ القمح بفعل الرياح القادمة من المكسيك، لذا نشط مستنسلو النباتات جدا في إيجاد مقاومة لهذا النمط من الصدأ، ولكن بعد عدة سنوات سينتشر نمط آخر من الصدأ، لذا سيكون عليهم العمل مسبقا بحثا عن أنواع مقاومة للأنماط الجديدة.

لا توجد مقاومة دائمة للأمراض، مما يطرح السؤال التالي: لماذا قمنا بالتعديل الوراثي للنباتات الزراعية في المقام الأول؟ ما قمنا به خلال الـ 15 أو 20 عاما الماضية هو أننا قللنا من استخدام المبيدات الحشرية في البيئة، وهذا شيء



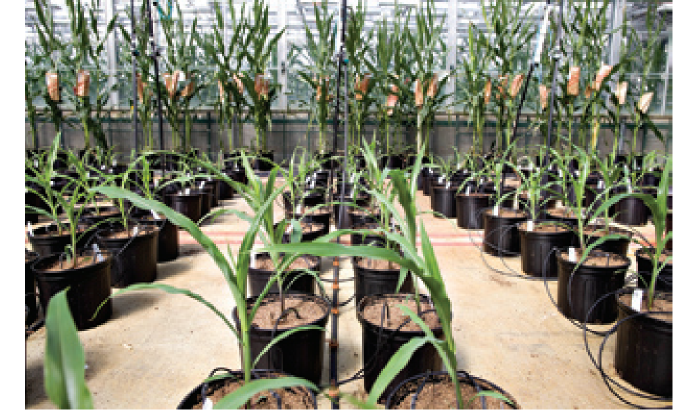
رائع. ما نتساءل عنه الآن هو هل سنعود إلى استخدام المواد الكيميائية فقط، أو أننا سنجد جينات جديدة تتوافق مع تنوع الآفات التي نراها في جميع أنحاء العالم.

فعلى عكس الولايات المتحدة، تواجه المناطق الاستوائية في العالم ومن ضمنها أجزاء من الصين، ضغطا متواصلا من حشرات متعددة. ويحتاج العلماء إلى مجموعة متنوعة من التقنيات الجينية المختلفة للسيطرة على المجموعة المتنوعة من الحشرات الضارة بالمحاصيل، أو أنه قد يكون من الضروري تطبيق التقانات غير الجينية مثل مختلف المبيدات الحشرية غير المجرّبة للسيطرة عليها. وعموما، سوف نجد أنواعا من الجينات التي من شأنها الحماية من الذباب الأبيض في بلد ما ومن يرقاته في بلد آخر. إذا نجحنا في هذا فإنه سيكون لدينا حلول وراثية لهذه الأسئلة وليس حلولا كيميائية، ومن ثم، في رأيي، ستكون الحلول أكثر استدامة.

(SA): ***يشكو نقاد صناعة التقانة الحيوية الزراعية من أنها ركزت على تأمين مصالح المزارعين بدلا من تحسين نوعية الأغذية للمستهلكين. ماذا تقول لهم؟***

‹بيتشي›: في السنوات الأولى اهتم الكثيرون منا في الوسط الجامعي باستخدام الهندسة الوراثية لتعزيز محتوى الڤيتامين في الطعام وتحسين نوعية البروتينات في البذور وتطوير المحاصيل الزراعية التي لا تتطلب استخدام المبيدات – وجميع ما فكرنا فيه مفيد للزراعة وللمستهلكين. وقد كانت عملية الموافقة على منتجات التقانة الحيوية مرهقة ومكلفة وغير معروفة للأكاديميين. وسيتطلب الأمر اللجوء إلى القطاع الخاص لجعل التقانات الجديدة ناجحة لإيجاد فرصة لمنح المزارعين محاصيل ذات إنتاجية عالية. إلا أن شركات الصناعات الغذائية التي تشتري تلك المحاصيل (مثل المطاحن العامة، كيلوگز Kellogg's) لم تعتقد أن تدفع أكثر من أجل شراء القمح أو الشوفان الأعلى من حيث القيمة الغذائية أو

(1) breeding



يكفي محصول الذرة المعدلة وراثيا لأكثر من 80 في المئة للسلالات الأمريكية من هذا المحصول.

الخضار المحتوية على كميات أكبر من المعادن.

(SA): ***لم لا؟***

بيتشي>: لأن الشعب الأمريكي لا يرغب في دفع المزيد مقابل الحصول على تلك المنتجات.

(SA): ***المستهلكون اليوم مستعدون لدفع مبالغ أكثر للمحاصيل التي تسمى*** *عضوية* ***organic أو حتى*** *الخالية من التعديل الوراثي* ***GM-free، لأنهم ينظرون إلى مثل هذه المحاصيل على أنها أكثر استدامة. كيف تعتقدون أن المحاصيل المعدلة وراثيا يمكن أن تساعد على جعل الزراعة أكثر استدامة؟***

بيتشي>: في رأيي، إن **المحاصيل المعدلة وراثيا** (GM) التي لدينا أسهمت بالفعل في الزراعة المستدامة، فقد خفضت من استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب الضارة وساعدت على منع تدهور التربة لأن محاصيل الزراعة المعدلة وراثيا تشجع على استخدام أساليب الزراعة من دون حراثة. ومع ذلك، هناك الكثير الذي يمكن القيام به. وكما تعلمون، تمثل الزراعة و**الحراجة**[1] نحو 31 في المئة من الانبعاثات الناتجة لغازات **الاحتباس الحراري (الدفيئة)** greenhouse، أي أكثر من الـ26 في المئة الناتجة من قطاع الطاقة والزراعة تعتبر مصدرا رئيسيا لانبعاثات غاز الميثان وأكاسيد النتروجين، وهي مسؤولة عن بعض التلوث في المجاري المائية وذلك بفعل الأسمدة المتسربة من الحقول. والزراعة بحاجة إلى تحسين ذلك.

لم نصل بعد إلى الحد الأعلى لتعداد سكان العالم، وربما لن نصل إلى ذلك حتى عام 2050 أو 2060. وفي غضون ذلك، يجب علينا زيادة الإنتاج الغذائي وتخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتقليل من تآكل التربة والحد من تلوث المجاري المائية. إنه تحدٍ هائل، ولكن مع التقانات الجديدة في مجال البذور وإنتاج المحاصيل الزراعية، سيكون من الممكن التقليل من استخدام الأسمدة الكيميائية وكمية الري مع المحافظة على المردود العالي. وسوف تساعد على ذلك البذور الأفضل، وكذلك تطور الممارسات الزراعية.

(SA): ***تردد علماء البيئة في تبني المحاصيل المعدلة وراثيا بسبب مخاوف انتقال الجينات إلى المحاصيل غير المعدلة وراثيا وكذلك إلى النباتات البرية الأصلية. وهذا هو أحد الأسباب التي أدت بقاض اتحادي في ولاية كاليفورنيا إلى أن يأمر مؤخرا بتدمير محاصيل الشوندر السكري المعدلة وراثيا.***

بيتشي>: أنت على صواب. ومع ذلك، فمن المهم الإشارة إلى أن حكم المحكمة لم يكن حول سلامة الشوندر السكري أو النباتات التي تنتج من التلاقح بين الأنواع. فالمزارعون الذين أحضروا عينة ممتازة من محاصيلهم على أساس أنها عضوية - يلاحظ من تعريفها أنها لا تتضمن هندسة جينية (تعديل جيني). فهم قلقون لأن محاصيلهم **غير المعدلة وراثيا** non-GM ستتلقح بلقاح من المحاصيل المعدلة وراثيا مما سيقلل من قيمتها. فالموضوع والحالة هذه ليس قضية سلامة الغذاء وإنما قضية تسويق المُنتَج.

ومن ناحية أخرى، صحيح أن هناك أسبابا تدفعنا للمحافظة على الأنواع البرية من المحاصيل النباتية فهي تؤدي دور مستودع يضمن التنوع الوراثي. وهنا في الولايات المتّحدة على سبيل المثال، لا تُزْرَعُ الذرةُ المعدلة وراثيا بجانب الذرة الصفراء البرّية الآتية منْ المكسيك. هناك بَعْض أنواع النباتات المحلية التي قد يحدث التلاقح فيما بينها، ومنها على سبيل المثال الشمام والقرع إذ تنمو بعض الأسلاف البرية في الحقول. ومن الأهمية بمكان أن نضمن الحفاظ على هذه المادة الوراثية.

وقد يكون من المستحسن في بعض الأرجاء نقل ميزة مقاومة المرض أو الآفات، سواء كانت طبيعية الوجود أو ناشئة عن تعديل وراثي، إلى الأعشاب الضارة ذات القرابة، وذلك لأن هذا سوف يقلل من انتشار الحشرات أو **الممرضات (العوامل الممرضة)**[2] pathogens في المنطقة.

(SA): ***قد يكون هذا الأمر إيجابيا بالنسبة إلى الزراعة، ولكن ليس بالضرورة إلى النظم البيئية البرية. فما هي العواقب إذا قمت بتكوين أرز غني بالڤيتامين A وانتشر هذا الجين في بيئة يكون فيها الڤيتامين A نادرا؟***

بيتشي>: لا يتوقع معظم العلماء أي عواقب سلبية إذا انتقلت الجينات المستخدمة في تطوير الأرز الذهبي (الأرز الغني بالڤيتامين A) إلى أصناف أخرى أو إلى الأصناف البرية

(١) أو العوامل المسببة للمرض.
(٢) forestry

القريبة. وفي المقابل، إن الفائدة من انتشار الأرز الذهبي على نطاق واسع كغذاء لأولئك الذين يفتقر غذاؤهم إلى الڤيتامين A ستكون هائلة. تخيل فيما لو أخرنا السماح بمثل تلك الأغذية المعدلة، تاركين مئات الآلاف من الأطفال يصابون بالعمى، أو ضعف البصر، أو الوفيات المبكرة بسبب نقص الڤيتامين A. ما هي قيمة البصر عند الأطفال؟ وما هو الضرر المحتمل حدوثه من انتقال الصفة الجينية إلى الأرز البري أو الوحشي؟ أنت على حق، فلا تستطيع أن تقول إن في كل مكان في أي بلد أو كل مكان في العالم أو كل بيئة، ساخنة كانت أم باردة، لن يكون لها تأثير، ولكن نحن بحاجة إلى الموازنة بين المحاذير والمنافع.

(SA): *يشكو بعض العلماء من أن شركات التقانات الحيوية قد أعاقت الأبحاث الخاصة بالمحاصيل المعدلة وراثيا. أليست هناك حاجة لمثل هذه الدراسات للحصول على إجابات حول مخاطر هذه المحاصيل؟*

<بيتشي>: هذا سؤال معقد بسبب العوامل المختلفة الكثيرة المنخرطة. وفي رأيي، هذا المجال سيكون أكثر تقدما إذا أسهم عدد أكبر من العلماء الأكاديميين في الاختبار وأجريت أنواع أخرى من التجارب. لقد كانت مشاركة القطاع الأكاديمي ضعيفة جدا في بعض هذه الحالات. ومنذ البداية حثّ الكثير منا على أن يكون هناك مزيد من المشاركة، وأنا أستطيع أن أفهم قلق الأكاديميين.

من ناحية أخرى، سَأَلتُ الشركات لماذا لا تُتيح البذور للدراسة من قبل العلماء الأكاديميين؟ فأشار البعض إلى أن عددا من الدراسات الأكاديمية في السنوات الـ 20 الماضية حول استخدام المحاصيل المعدلة وراثيا كان ناقصا أو سيئ التصميم. ونتيجة لذلك ، كان هناك الكثير من الجهد الضائع من قبل العديد من العلماء الآخرين الذين تابعوا مثل هذه الدراسات.

لنأخذ حالة التقرير القائل إن حبوب لقاح الذرة المقاومة للحشرات تضر بيرقات الفراشة الملكية وغيرها من الفراشات، والذي قاد الكثيرين إلى الاستنتاج بأن الذرة المعدلة وراثيا سيكون لها أثر مدمر في تعداد الفراشات الملكية. هذه النتيجة نُشرت على نطاق واسع في وسائل الإعلام، كما بذلت وزارة الزراعة قدرا كبيرا من الجهد على تعداد الفراشات الملكية والاستثمار في متابعة الأبحاث التي أظهرت في النهاية أن اليرقات من المرجح أن تتأثر في ظل ظروف محدودة جدا: على سبيل المثال، إذا حدث تلقيح المحاصيل في الوقت نفسه والمكان ذاته الذي يتم فيهما نمو اليرقات، وهي حالة نادرة جدا جدا.

إضافة إلى ذلك، يفيد استخدام الذُرة المقاومة للحشرات في خفض الاستخدام للمبيدات الكيميائية، مما يسبب ازديادا في عدد الفراشات والحشرات الأخرى. من هذه الأمثلة وغيرها، فإن الشركات كانت قلقة بخصوص جودة بعض الدراسات الأكاديمية، وشعرت بأنها قد تخسر أكثر مما تكسب في مثل تلك الحالات. ومع ذلك فإن الفائدة المرجوة من العلماء الأكاديميين من خلال إجراء دراسات مصممة تصميما جيدا على المحاصيل المعدلة وراثيا، لهي فائدة كبيرة، وآمل بأن تؤدي إلى مزيد من التعاون في المستقبل، وشكوك أقل بين علماء القطاع العام والقطاع الخاص في مجال التقانة الحيوية والزراعة.

(SA): *ماذا ستكون النتيجة فيما إذا رفعت المحاصيل المعدلة وراثيا فجأة من السوق؟*

<بيتشي>: هنا في الولايات المتحدة، يحتمل حدوث زيادة بسيطة في أسعار المواد الغذائية نظرا للكفاءة العالية حاليا نتيجة لاستخدام ميزات التعديل الوراثي والتي أدت إلى انخفاض أسعار المواد الغذائية. يتعين علينا أن نعود إلى أنواع الإنتاج الأقدم التي من شأنها أن تؤدي إلى انخفاض كثافة المزروعات ومن المحتمل إلى انخفاض مردود الفدان. نريد أن نرى زيادة في عدد الهكتارات المزروعة، بما في ذلك استخدام بعض الأراضي شبه الزراعية، لزيادة الناتج الإجمالي. في الولايات المتحدة والدول الأخرى، توجد زيادة كبيرة في استخدام **الكيميائيات الزراعية**[1] مما سبب زيادة القضايا المتعلقة بالصحة ذات الصلة. ومع أن هناك تقدما كبيرا في مجال زراعة النباتات خلال السنوات الـ 20 الماضية، سيكون مردود المحاصيل الرئيسة مثل فول الصويا والذرة والقطن أقل في غياب التقانة الحيوية مما سيكون عليه في حال وجودها. وإذا هبط إنتاجُ المحصول العالمي الكليِّ، فسيَكُونُ تأثير هذا الهبوط على الأمم الفقيرة أكبر منه على الأمم الأكثر غنى. وسوف تعاني البلدان الفقيرة زراعيا أكثر من تلك البلدان التي تمتلك قاعدة قوية لإنتاج الغذاء الزراعي. ■

<B. بوريل> يقطن في مدينة نيويورك، وكثيرا ما يكتب عن العلوم والبيئة لمجلتي: ساينتفيك أمريكان و نيتشر.

(١) agrochemicals

مراجع للاستزادة

Genetically Modified Foods: Debating Biotechnology. Edited by Michael Ruse and David Castle. Prometheus Books, 2002.

Safe Food: The Politics of Food Safety. Marion Nestle. University of California Press, 2010.

***Scientific American,* April 2011**

دراسة الأمراض في طبق(*)

استخدام مبتكر للخلايا الجذعية(١) المأخوذة من أنسجة البالغين يمكنه أن يُسرع من تطوير عقاقير لمواجهة الأمراض المنهِكة.

<S .S. هال>

بتاريخ 2007/6/26، سلكت <W. تشانگ> [مديرة قسم الوراثة السريرية بجامعة كولومبيا] طريقها إلى منطقة كوينز بمدينة نيويورك ولديها طلب حساس من سيدتين لهما مكانة عميدة الأسرة matriarch(٢) في عائلة كرواتية حظها عاثر. لقد طلبت الباحثة إلى هاتين الشقيقتين، البالغتين من العمر 82 و 89 عاما، أن تتبرعا لها ببعض من خلايا جلدهما لكي تقوم باستخدامها في تجربة طموحة غير معلومة النتائج، ولكن لو حالفها النجاح فإن العائد منها سوف يكون مضاعفا: أولا، ربما تسرع هذه التجربة من عجلة البحث عن علاج للمرض المستعصي المنتشر في عائلة هاتين السيدتين. وثانيا، ربما تؤسس هذه التجربة لاستخدام قيّم وجديد للخلايا الجذعية، وهي خلايا غير متخصصة لديها القدرة على إنتاج العديد من أنواع خلايا الجسم الأخرى. تتذكر <تشانگ> ذلك اللقاء بقولها: «لقد تناولنا طعام غداء طيب جدا، ثم عدنا إلى منزل السيدتين وقمنا بأخذ **خزعات**



بعد نمو الخلايا الجذعية لمدة 30 يوما في بيئة الزرع culture medium (*باللون الأحمر*)، **فإنها تصبح نسيجا متخصصا يمكن استخدامه لعمل** نماذج لمختلف الأمراض(٣).

biopsies من جلدهما»؛ وبمجرد جلوسهما إلى طاولة الطعام، فإن كلتا الشقيقتين قامتا بمد ذراعيها بكل سعادة، وذلك حسبما تتذكر ابنة السيدة البالغ عمرها 82 عاما. لقد قالت

(*) DISEASES IN A DISH
(١) stem cells
(٢) عميدة الأسرة (الأم الرئيسة) هي سيدة مخضرمة تخوِّل لها العشيرة أو العائلة في بعض المجتمعات مهمة الحكم وإدارة الأمور.
(٣) to model different diseases

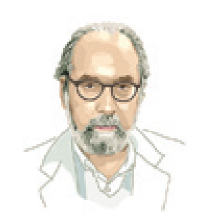
باختصار

قيد الانتظار: تحمل الخلايا الجذعية المأخوذة من الأجنة أملا لعلاج الأمراض المستعصية، إلا أن الباحثين لم يحققوا حتى الآن الكثير من التقدم لاستمداد طرق علاجية من هذه الخلايا.

فكرة جديدة: بدلا من التركيز على العملية العلاجية، فإن عددا قليلا من الباحثين يعتقدون أنه من الأفضل حاليا استخدام الخلايا الجذعية في المساعدة على اكتشاف العقاقير ودراسة الكيفية التي تعمل من خلالها الأمراض المختلفة على إيذاء الجسم.

مقاربة مبتكرة: حتى وقت قريب، كان يجري الحصول على الخلايا الجذعية المستخدمة لتنفيذ هذه الفكرة من الأجنة. إلا أن العلماء في عام 2007 تمكنوا من إعادة برمجة الخلايا البشرية للبالغين لتصبح خلايا جذعية.

خلايا جذعية مصممة حسب الطلب customized stem cells: يستخدم الباحثون هذه الخلايا التي جرت إعادة برمجتها في إحداث الأمراض المختلفة في **طبق بتري** petri dish. ومن ثم فهم يستطيعون اختبار فعالية العقاقير ضد عينات الأنسجة التي جرت إعادة إنتاجها بهذه الطريقة.



المؤلف

Stephen S. Hall

قام بوصف المراحل المبكرة في أبحاث الخلايا الجذعية في كتابه الحائز على جائزة **تجار الخلود** Merchants of Immortality *(Houghton Mifflin، 2003). وقد صدرت الطبعة الورقية من أحدث كتبه* **«الحكمة: من الفلسفة إلى علم الأعصاب»** Wisdom: From Philosophy to Neuroscience *(Vintage، 2011/3)*

الشقيقة الصغرى للباحثة ‹تشانگ›: «أنا أفهم ما تريدين، ابدئي فورا بالتنفيذ».

كانت الشقيقتان تعانيان **تصلبا جانبيا ضموريا** amyotrophic lateral sclerosis ويسمي اختصارا (ALS)، وهو **مرض عصبي تنكسي** degenerative يعمل ببطء على الإصابة بالشلل، وهو يعرف أيضا **بمرض لو جريگ** Lou Gehrig's disease نسبةً إلى لاعب البيسبول ‹لو جريگ› بفريق يانكي Yankee والذي أخبره الأطباء بأنه يعاني هذا المرض في عام 1939 ثم توفي بعد ذلك بعامين. وبينما ظهرت أعراض محدودة للمرض على الشقيقة الكبري وعمرها 89 عاما، فإن شقيقتها الصغري وعمرها 82 عاما كانت تعاني عند قيامها بالمشي أو بلع الطعام.

على الرغم من أن معظم حالات المرض ALS ليست وراثية، فإن هذا المرض أصاب العديد من أفراد هذه العائلة. فلقد توارث أفراد العائلة المتأثرون بالمرض طفرة وراثية لها علاقة بالإصابة بشكل من المرض يتطور ببطء أكثر من الشكل الآخر الذي يصيب غالبية المرضى الذين يعانون هذا الداء. لقد تمكنت ‹تشانگ› من تتبع المرض في عدة أجيال من هذه العائلة في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. وتعلق على ذلك بقولها: «مرض ‹لو جريگ› ليس طريقة جيدة لموت الإنسان». ففي كل مرة يتقابل فيها أفراد العائلة مع بعضهم في مراسم العزاء، فإن أفراد الجيل الأصغر سنا ينظرون حولهم ويتساءلون «هل نكون نحن التالون لمن توفي؟»

لم يستغرق الأمر من ‹تشانگ› سوى دقيقتين لكي تقوم بأخذ **خزعة بالخرم** punch biopsy – فكل ما حدث هو أخذ جزأين صغيرين من جلد باطن الذراع يبلغ قطر كل منهما 3 مليّمتر. وفي النهاية فإن خلايا الشقيقتين، مع عينات من جلد **دستات**[1] dozens من مرضى ALS الآخرين ومن متطوعين أصحاء قاموا أيضا بالتبرع بأجزاء ضئيلة من أنسجتهم، جرى تحفيزها(استحثاثها) بطريقة كيميائية لكي تتحول إلى شكل من الخلايا الجذعية يسمى **الخلية الجذعية المحفزة المتعددة القدرات** induced pluripotent stem cell والتي تمت برمجتها بعد ذلك لكي تصبح خلايا عصبية. وتحديدا، لقد تم استحثاث هذه الخلايا لكي تصبح **عصبونات محركة** motor neurons، وهي خلايا عصبية تتحكم بطريقة مباشرة أو لا مباشرة في عضلات الجسم وتتأثر بشكل عكسي بالمرض ALS. وقد أظهرت مزارع الأنسجة الناتجة من تلك الخلايا نفس العيوب الجزيئية التي أدت إلى حدوث المرض ALS في المتبرعين. بمعنى آخر، لقد استطاع الباحثون، بشكل مذهل، إعادة إنتاج المرض في **طبق پتري**[2] petri dish.

وبحصول الباحثين على مثل هذه الخلايا فإنهم

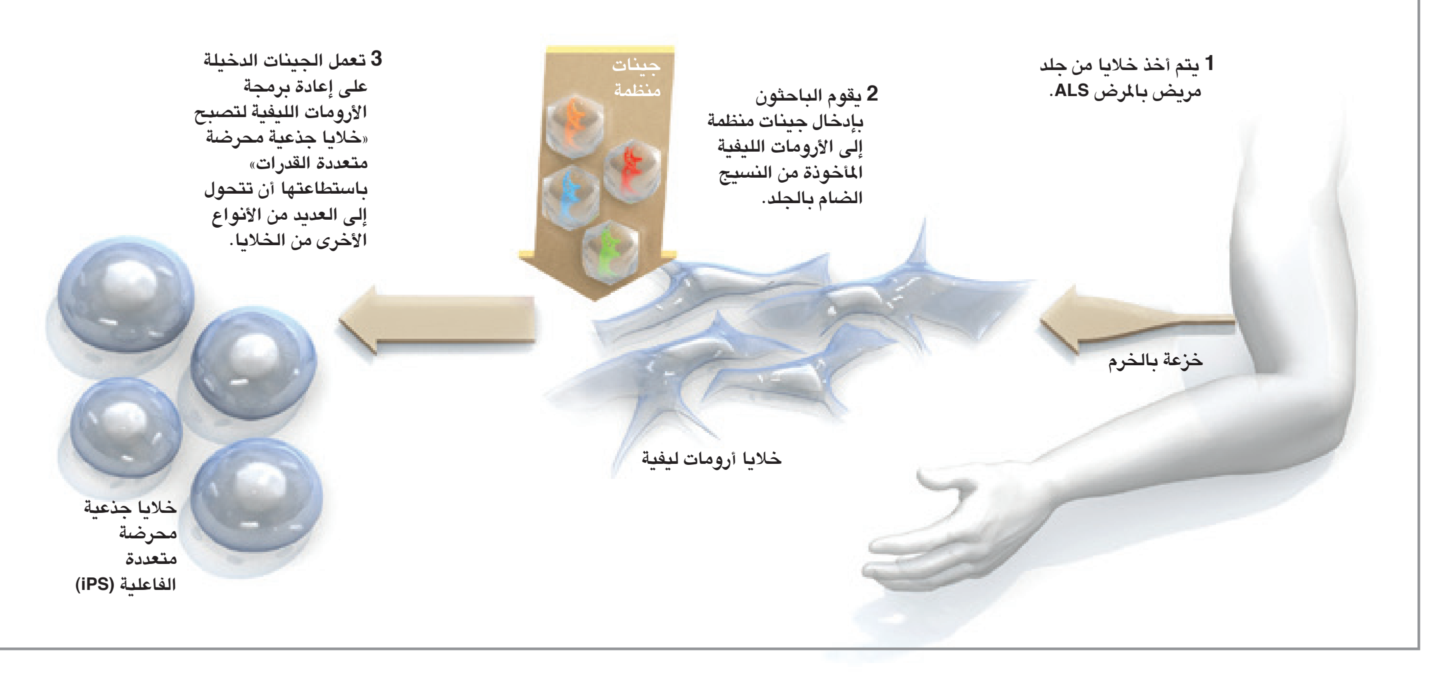
(١) دستات جمع دستة أي مجموعة مكونة من 12 وحدة متماثلة.
(٢) يُستخدم طبق پتري في تنمية مزارع الخلايا.



تخزين بارد: يتم حفظ الخزعات المأخوذة من الأنسجة والخلايا الجذعية في نتروجين سائل.

استخدامات جديدة للجلد القديم(*)

يقوم الباحثون بجامعتي هارڤارد وكولومبيا، باستخدام تقنيات تم ابتكارها في اليابان، وذلك بأخذ نسيج جلدي من البالغين (*انظر أسفل*)، ثم عزل خلايا متخصصة منه تسمى أرومات ليفية fibroblasts، التي يتم تحريضها بلطف بواسطة جينات ومواد كيميائية لكي تصبح خلايا عصبية.



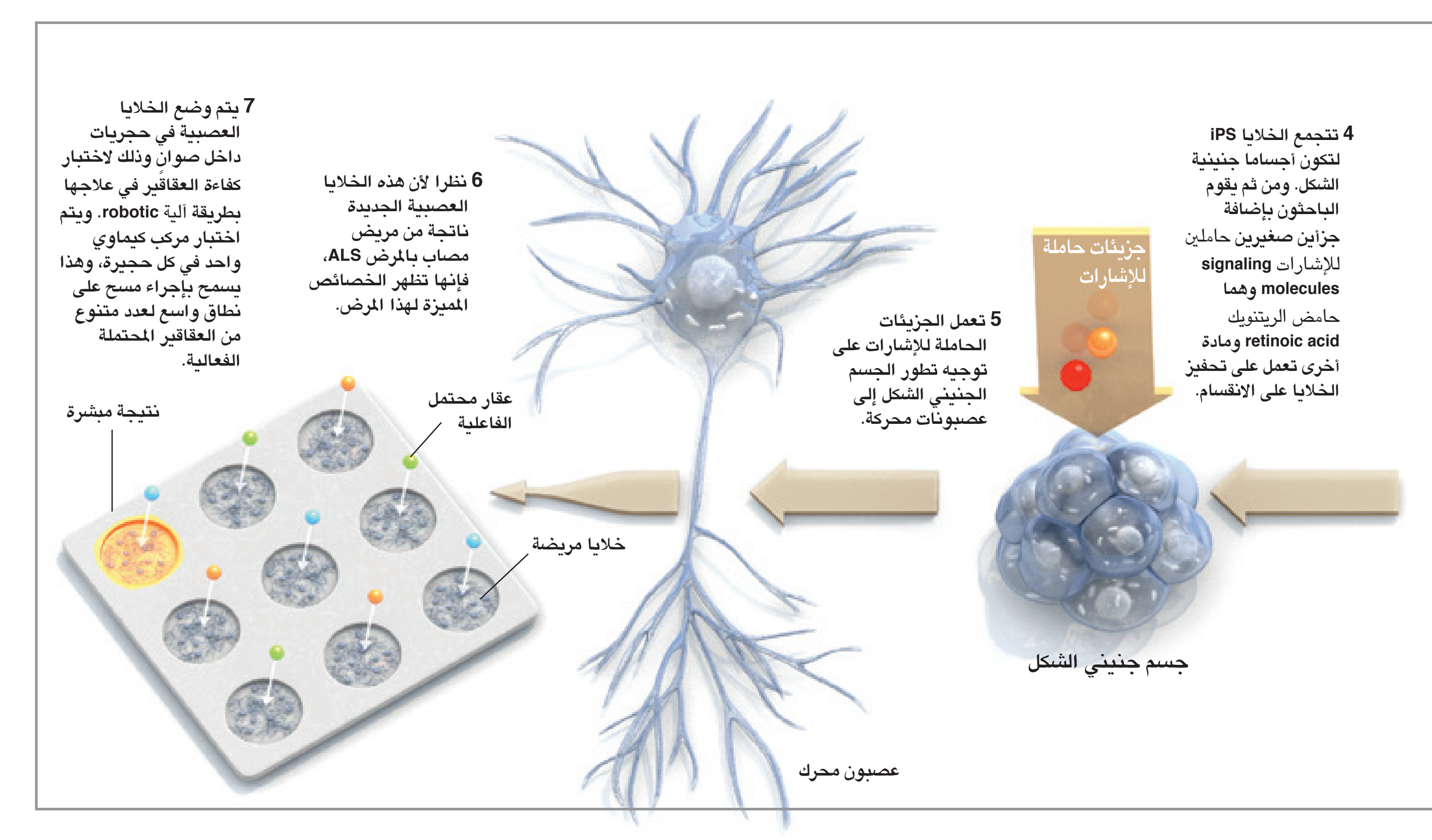
استطاعوا البدء بدراسة دقيقة لما يحدث من خلل في العصبونات عند مرضى ALS، كما تمكنوا أيضا من البدء بفحص عقاقير من المحتمل أن يكون لها تأثيرات مفيدة في الخلايا المريضة. ويعد هذا استخداما جديدا للخلايا الجذعية يتناقض مع التقدم البطيء والمخيب للآمال وللجهود المتعلقة باستخدام تلك الخلايا كعلاجات.

لو حالف النجاح هذا التصور الخاص **بدراسة المرض في طبق** disease-in-a-dish، فإنه سوف يسرع من فهم الباحثين للعديد من الأمراض وسوف يقود إلى فحص أسرع وأكثر كفاءة للمعالجات المحتملة بواسطة العقاقير، وذلك لأن العلماء سوف يستطيعون اختبار هذه العقاقير في تلك المزارع الخلوية التي تم إعدادها حسب الطلب وذلك لقياس كفاءتها العلاجية وسميتها المحتملة. إضافةً إلى أبحاث المرض ALS، فإن الخلايا الجذعية المحفزة (المستحثة) يتم استخدامها الآن على نطاق تجريبي لعمل نماذج لدستات من الأمراض، بما في ذلك **فقر الدم المنجلي** sickle cell anemia، والعديد من أمراض الدم الأخرى **ومرض پاركنسون** Parkinson's disease. على سبيل المثال، استطاع الباحثون في ألمانيا أن ينتجوا خلايا قلبية تنبض بشكل غير منتظم يحاكي حالات عدم انتظام ضربات القلب المختلفة. وقد بدأت شركات المستحضرات الطبية، والتي تحفظت لفترة طويلة حول إمكان أن يكون علم الخلايا الجذعية مشروعا له قيمة تجارية، بإبداء اهتمام بأسلوب «دراسة المرض في طبق» حيث إنه مع القدرات التقليدية في اكتشاف العقاقير على النطاق الصناعي.

في عام 2008 تم نشر أولى نتائج تجارب المرض ALS. وكما يحدث في أغلب حالات الابتكار، فإن النجاح فيها لا يعتمد على قوة الفكرة العلمية فحسب ولكنه يتطلب أيضا وجود فريق مناسب من الأفراد الذين يقومون ببحث هذه الفكرة. وفي هذه الحالة، فإن مجموعة الشخصيات التي قامت بالعمل تضمنت إلى جانب <تشانگ> الباحث <L .L. روبن>، وهو ممن هجروا المجال الصناعي في «التقانة الحيوية» لكي يصبح رئيسا لفرع **الطب التحويلي**[1] translational medicine بمعهد هارڤارد للخلايا الجذعية، و<K .C. إيجان> وهو عالم شاب من هارڤارد لا يكل من البحث في مجال الخلايا الجذعية، وكان له تعاون بحثي مع <Ch. E. هندرسون> وغيره من الخبراء في «العصبونات المحركة» بجامعة كولومبيا.

(*) New Uses for Old Skin

(1) الطب التحويلي: منظور جديد للبحث العلمي الطبي يهدف إلى إحداث تكامل بين المعارف والتطبيقات وذلك بما يؤدي إلى تحويل المعرفة إلى ممارسة طبية.



دور جديد للخلايا الجذعية(*)

يجب ألا يحدث لدينا خلط بين الخلايا الجذعية التي تم استخدامها في هذه الدراسات و**الخلايا الجذعية الجنينية** embryonic stem cells والتي يتم الحصول عليها من الأجنة في المراحل المبكرة من تطورها. فمنذ اثنتي عشرة سنة أثار <J. A. تومسون> وزملاؤه حماس العالم بنبأ تمكنهم من إنتاج خلايا جذعية جنينية بشرية في المختبر وذلك للمرة الأولى. إن هذه الخلايا البدئية لديها القدرة البيولوجية على تجديد نفسها إلى الأبد، كما أن لديها من المرونة ما يمكنها من التحول إلى أي نوع من خلايا الجسم. لقد أثارت إمكانية استخدام هذه الخلايا الجذعية في عمل **غريسات (طعوم) حسب الطلب** made-to-order transplants لعلاج كل شيء من مرض باركنسون وحتى السكري كلا من الأطباء والباحثين وعامة المجتمع على نطاق واسع، والأهم منهم جميعا المصابون بأمراض غير قابلة للعلاج.

ولكن مازالت هناك حقيقتان قاسيتان بحاجة إلى حل. أولاهما، الجدل المجتمعي الحاد حول أخلاقيات علم الخلايا الجذعية والذي أدى إلى تسييس العلم وإبطاء البحث فيه: فلقد طرحت التقنية مشاكل أخلاقية إذ إنه لابد من إتلاف الأجنة البشرية للحصول على الخلايا الجذعية الجنينية. ولقد بلغ هذا الجدل ذروته بإعلان الرئيس <G. W. بوش> في الشهر 2001/8 أنه سوف يتم قصر الدعم المالي الذي تقدمه معاهد الصحة القومية NIH على الأبحاث التي يتم فيها استخدام عدد محدود من سلالات موجودة بالفعل من الخلايا الجذعية الجنينية وهو الأمر الذي أدى بشكل فعال إلى إعاقة إنتاج سلالات إضافية من الخلايا الجذعية، بما في ذلك السلالات التي يمكن استخدامها في علاج الأمراض. وكرد فعل على ذلك، قامت مجموعات بحثية بارزة في جامعات هارفارد وكولومبيا وستانفورد بالتعاون مع **مجموعات الدفاع عن المرضى**(1) متمثلة بمشروع المرض ALS ومؤسسة نيويورك للخلايا الجذعية بإنشاء مختبرات مستقلة لا تخضع لهذا القرار الرئاسي تقوم بإجراء أبحاث يتم تمويلها من مصادر خاصة. وفي عام 2009 قامت إدارة الرئيس <أوباما> بتخفيف القواعد الناظمة لأبحاث الخلايا الجذعية، إلا أنه في عام 2010 صدر حكم قضائي من محكمة فدرالية بحظر قيام المعاهد القومية للصحة بتمويل هذه الأبحاث مرة أخرى مما أدى إلى دفع هذا المجال البحثي إلى حالات من عدم الوضوح العلمي والفوضى التمويلية.

(*) A NEW ROLE FOR STEM CELLS
(1) patient advocacy groups

أما المشـــكلة الثانية فهي علمية. تتذكر ‹V. إستس› [وهي المدير العلمي لمشـــروع المرض ALS] أنـــه كان هناك اندفاع جامـــح نحو اختبار فكرة زرع خلايا متخصصة مشـــتقة من خلايا جذعية في المرضى من البشر (أو من الحيوانات) وذلك كعلاج خلـــوي لمجموعة من الأمراض. «هـــذا الحلم الكبير»، كما تصفه ‹إستس› «كان يتضمن الحصول على عصبونات محركة من الخلايا الجذعية، ثم وضعها في الدماغ أو النخاع الشـــوكي، وأثر ذلك سوف يستعيد المرضى عافيتهم ويبدأون بالقيام برقصة الواتوسي Watusi». إلا أن الأمور لم تسر على هـــذا النحو في التجارب التي تكرر إجراؤها على الحيوانات. تقول ‹إســـتس›: «من البداية وحتى النهاية كان الفشل حليفا لتلك التجارب.»

في عـــام 2002 قام ‹M .T. جيســـل› و ‹H. ويتشـــترل› وفريقهمـــا البحثـــي في جامعة كولومبيا بنشـــر بحث بالغ الأهميـــة في مجلة *الخليـــة Cell* أوضحوا فيـــه بالتفصيل المكونات والطريقة التي قاموا باســـتخدامها لدفع الخلايا الجذعيـــة الجنينية في مســـار بيولوجي يـــؤدي إلى تكوّن عصبونات محركـــة. وجد أحد الباحثين وهـــو ‹روبن› أن هذا العمل يطرح وعدا يبشـــر باســـتخدام مختلف للخلايا الجذعية. لقد ســـبق لهذا الجني المتحمس ‹روبن› أن تلقي تدريبـــا في علـــم الأعصاب ومارس العمـــل كباحث ومدير علمي في شركة تقانة حيوية بولاية ماساتشوستس تُسمي كيـــورس Curis. أدرك ‹روبـــن› أن إمكانية إحداث المرض في الأطباق يمكنها أن تقدم لنا أســـلوبا ثوريا لاكتشـــاف العقاقيـــر. فبخلاف الكثير من العلمـــاء الأكاديميين ، فإن ‹روبن› كانت لديه معرفة علمية باكتشـــاف العقاقير. ففي أثناء عمله الســـابق في التقانة الحيوية، قام بإجراء أبحاث علـــى جزيء أصبح في النهاية عقارا ذا قيمة تجارية تصل إلى بليون دولار ويُسمى **تايسابري** Tysabri ويستخدم في علاج مرض **التصلب المتعدد** multiple sclerosis.

بعد ســـماعه لنتائج أبحاث ‹جيســـل› و ‹ويتشترل›، قام ‹روبن› بإعداد مســـودة خطة عمل لإنشاء مؤسسة من نوع جديد للخلايا الجذعيـــة ذات أهداف تجارية، وصفها بقوله: «إنها مؤسسة لا تركز جل اهتمامها على العلاجات الخلوية – كما كان يفعل كل علماء بيولوجيا الخلايا الجذعية – ولكنها تهتم باســـتخدام الخلايا الجذعية في اكتشاف الأدوية». في ذلك الوقت، لم يكن أصحاب رؤوس الأموال المغامرون راغبين في تنفيذ هذه الفكرة. وعلى ذلك، فقد تمكن ‹روبن› من رعاية الفكرة من خلال شـــركة كيورس، وقام بتوظيفها في دراسة مـــرض **ضمور العضـــلات نخاعي المنشـــأ** spinal muscular atrophy، وهو مرض يصيب العصبونات المحركة في الأطفال و يشـــبه من الناحية الباثولوجية المـــرض ALS. وعام 2006 عندما قررت شـــركة ‹كيورس› التخلي عن المشـــروع، ترك ‹روبـــن› مجال التقانـــة الحيوية وانتقل إلـــى معهد هارڤارد للخلايا الجذعية ليواصل أبحاثه مســـتخدما أسلوب دراسة المرض في طبق.

بعـــد ذلك بوقت قصير أعلن باحث بيولوجي ياباني اســـمه ‹شانيا›[1] عن طريقة يمكنها أن تؤدي في نهاية الأمر إلى إحداث تحول في دراسة بيولوجية الخلايا الجذعية والسياسات المتعلقة بإجراء أبحاثها. ففي مؤتمر علمي تم عقده في الشـــهر 2006/3 بمدينة ويســـلر Whistler في مقاطعة برتيش كولومبيا، قام هذا الباحث والـــذي يعمل بجامعة كيوتو بوصف طريقة يســـتطيع بواســـطتها البيولوجيون أن يقوموا **بإعادة برمجة** reprogram الخلايا البالغة المأخوذة من الثدييات. جوهريا، تمكن ‹شانيا› بطريقة **كيماحيويـــة** biochemically من إعادة الخلايا البالغة إلى ما يشـــبه الخلايـــا الجنينية أو الخلايـــا الجذعية دونما الحاجة إلى اســـتخدام الأجنة أو إتلافها. أطلق ‹شانيا› على هذه الخلايا اســـم **خلايا جذعية محفزة (مستحثة) متعددة القدرات** induced pluripotent stem cells أو الخلايا (iPS). بعد ذلك بعام واحد، ســـجل ‹شـــانيا› والباحث ‹تومســـون› [من جامعـــة ويسكنســـون Wisconsin] قيـــام كل منهما على حدة بإنتاج الخلايا iPS من أنسجة الإنسان [انظر: «*عوامل شفائك الكامنة في جسمك*»، **العلوم** ، العددان 2/1(2011) ، ص 12].

كان مـــن بين الحاضريـــن في المؤتمـــر المنعقد بمدينة ويســـلر في ذلك اليوم الباحث ‹إيجان› وهو خبير **بإعادة برمجـــة الخلايـــا** cellular reprogramming فـــي هارڤارد. وفـــي الواقـــع، كان ‹إيجان› منشـــغلا قبل هـــذا المؤتمر برؤيته الخاصة لفكرة دراســـة المرض في طبق، حيث إنه انخرط في العديد من مشـــاريع الأبحـــاث التي كان يقوم فيها بأخذ الخليـــة البالغة ويعمل علـــى إعادتها تدريجيا بطرق كيماحيوية إلى حالة تشـــبه فيهـــا الخلية الجنينية، مع السماح لها بالتكاثر ثم يقوم بحصاد الخلايا الجذعية من المستعمرة الخلوية الناتجة. ولكنه كان يحاول أن يقوم بإنتـــاج **خلايا شـــبه جنينية** embryolike cells بأســـلوب قديم يستخدم نفس طريقة الاستنساخ التي تم بواسطتها إنتـــاج النعجة ‹دولّي›. مـــا كان يقوم به ‹إيجان› هو أخذ نـــواة خلية بالغة، مثل خلية الجلد، ثم زراعتها في بويضة غير مخصبة ســـبق إزالة النواة الخاصة بها. إلا أن عملية الاستنســـاخ هذه كانت غير فعالة وأثارت جدلا كبيرا عند

(1) Shinya Yamanaka

اســتخدامها في إعادة برمجة خلايا الإنسان ليس أقلها العثور على نســاء مســتعدات للتبرع بخلايا بويضاتهن للقيام بهذه العملية.

باســتخدام أسلوب ‹شــانيا› تمكن ‹إيجان› مع فريقه البحثــي من تطويع الطريقــة iPS للعمل في اختبار تضمن خلايا الإنســان وذلك عام 2007. في ذلــك الوقت كان كل شيء آخر يلزم للقيام بدراسة المرض في طبق متاحا أيضا. وعلى ســبيل المثال، قامت ‹تشانگ› وزملاؤها [من جامعة كولومبيــا] بتجميع الخلايــا من الشــقيقتين الكرواتيتين وغيرهمــا من مرضــى ALS وذلك انتظارا لاســتخدامها في تجارب ‹إيجــان› الخاصة بالاستنســاخ. ومع وجود مصادر خاصة لتمويل المشــروع ALS فقد أمكن إنشــاء مختبر خاص بالقرب من جامعة كولومبيا قام فيه الباحثون بتخزين ســلالات من الخلايا من المرضــى (ومن ضمنهم الشقيقتين المسنتين) لعدة أشــهر. ومن ثم ظهرت الطريقة iPS بشكل مفاجئ لتحسن من فرصة نجاح هذه الأبحاث. تصــف ‹إســتس› [الباحثة في المشــروع ALS] ما حدث بقولها: «لقد كان أمرا قدريا تماما أننا بدأنا بتجميع خلايا جلد بشــرية وفي أذهاننا أن نقوم باستخدامها في تجربة مختلفة تماما.»

كان في مقدمة سلالات الخلايا التي تم أخذها من مرضى ALS تلــك الخلايا الناتجة من الشــقيقة الكرواتية الصغرى والتي عانت المرض بشــكل أكبر، دعيــت المريضة A29. لقد أمكن إعادة برمجة خلايا الجلد المأخوذة من كل من الشقيقتين بنجاح وتحويلها إلى خلايا عصبية، ولكن عمر المريضة A29 ودرجــة مرضها أوضحت أنه من الممكن اســتخدام الطريقة iPS لإنتاج خلايا تســتطيع أن تكشف لنا وجود مرض خطير ومزمن. ويقول ‹إيجان›: «لقد اخترنا تلك العينات من الخلايا لأن الشــقيقتين كانتا أكبر الأشــخاص عمرا في دراســتنا، لقــد أردنا أن نثبت أنه يمكنك أن تقوم بإعادة برمجة الخلايا حتى ولو كانت مأخوذة من شــخص كبير جدا جدا جدا جدا ومصاب بالمــرض لفترة طويلة، لقد كانت هاتان الشــقيقتان حالة خاصة.»

إن نتائج هذه الدراســة ظهرت في عدد الشــهر 2008/8 من مجلة ***ساينس*** *Science* وتمت الإشــادة بها في وسائل الإعــلام كحدث علمي بــارز. لقد أتاحت فكرة اســتخدام الخلايــا الجذعية لإنتاج المرض في طبق وســيلة للحصول على خلايا كان من الصعب أو المســتحيل الحصول عليها باســتخدام طرق أخرى - بما في ذلك العصبونات المحركة المميزة للمرض ALS ومــرض ضمور العضلات النخاعي، وخلايا المــخ ذات الصلة بالعديد من **الأمـراض العصبية التنكسية** neurodegenerative disorders، وخلايا البنكرياس (المعثكلــة) ذات الصلة بحــدوث مرض **سكري اليافعين** juvenile diabetes.

خلايا جذعية حسب الطلب(*)

خــلال العامــين الماضيــين أدى التعــاون العلمي بين جامعــة كولومبيا ومعهد هارڤارد إلــى الحصول على ما لايقل عن 30 ســلالة خلوية بشــرية خاصة بالمرض ALS، وهناك المزيد منها في الطريق. والعديد من هذه الســلالات الخلوية يحتوي على طفرات فريدة تم الكشف عن وجودها في الأشــخاص المصابين بحالات حــادة وغير معتادة من المــرض ALS. أمــا الأمر الأكثــر أهمية فهو أن أســلوب دراسة المرض في طبق قد بدأ بالإفصاح عن فاعليته، وذلك بإمدادنا برؤى حول طبيعة المرض الذي أصاب العصبونات المحركة. وعلى ســبيل المثال، استطاع الباحثون عن طريق اســتخدامهم للخلايا الناتجة من الشقيقتين التعرف على مســارات جزيئية يبدو أن لها علاقة بمــوت العصبونات المحركة والذي يحدث عند تســمم هذه الخلايا بواســطة مجموعة أخرى من العصبونات التي يُطلق عليها **الخلايا النجمية** astrocytes. وقد أصبــح بالإمكان وضع كل من العصبونات المحركة والخلايا النجمية في الطبق، فقد بدأ العلماء الآن بالبحث عــن مركبات علاجية محتملة يمكنها أن توقف النشاط السُّمي للخلايا النجمية أو أن تعزز بقيا العصبونات المحركة.

على ســبيل المثــال، بدأ الباحثون في الشــهر 2010/1 بإجــراء فحــص مبدئــي لتأثيــر نحــو 2000 مركب على العصبونات المحركة في مرضى ALS، وذلك لمعرفة إن كان لأي مــن هذه الجزيئات القدرة على إطالة بقيا العصبونات المحركــة المحتوية على الجين الطافر ذي العلاقة بالإصابة بالمــرض ALS. ويُظهر لنــا هذا البرنامــج البحثي الرائد أسلوبا جديدا في فحص **كفاءة العقاقير** drug screening: إذ بــدأ باحثو المــرض ALS تجاربهم باختبــار المركبات التي ســبق أن اعتمدتهــا **إدارة الغذاء والـدواء**[1] لعلاج أمــراض أخرى. لقد كان الأمل بأن يحالف الحظ الباحثين ويتوصلــوا إلى جزيء تم اختباره مــن قبل وثبت أنه آمن للإنســان، بحيث يمكن اســتخدامه في علاج مرض آخر

(*) MADE-TO-ORDER STEM CELLS
(۱) Food and Drug Administration

التتمة في الصفحة 25

علم الأعصاب في قاعة المحكمة(*)

حاليا، نادرا ما يكون لمسوح الدماغ(1) والأنواع الأخرى من الأدلّة العصبيّة دور يذكر في المحاكمات القضائية. غير أنّه في يوم ما ستتمكن هذه المسوح من تغيير الموقف القضائي من المصداقية والمسؤوليّة الشخصيّة.

<M. S. گازّانيگا>

بصدفة غريبة اُستدعيت لتأدية واجب خدمة المحلّفين للمرّة الأولى بُعيد أن بدأت العمل مديرا لمشروع جديد في مؤسسة <ماك آرثر> الذي يستكشف الأمور التي يثيرها علم الأعصاب في وجه نظام العدالة الجنائيّة. وقد حضر ثمانون منّا للاختيار من بيننا في قضيّة امرأة شابة متّهمة بالقيادة تحت **المؤثرات العقليّة** DUI. ولكن تمّ إقصاء معظم زملائي المواطنين لأسباب متنوعة وبشكل رئيس بسبب تجاربهم الشخصيّة في القيادة تحت المؤثرات العقليّة. وأخيرا استدعيت للمثول أمام القاضي الذي قال لي: «أَخْبِرْني ماذا تعمل.»

أجبت: «إنني باحث في علم الأعصاب، وقد قمت فعلا بعمل ذي صلة بما يحدث في قاعة المحكمة. فقد درست مثلا كيف تتشكّل الذكريات الزائفة وطبيعة الإدمان وكيف ينظّم الدماغ السلوك.»

نظر إليّ القاضي بإمعان وسألني: «هل تعتقد أنهّ باستطاعتك تعليق كلّ ما تعرفه عن تلك الأشياء خلال سير هذه المحاكمة؟» قلت إنّه بإمكاني المحاولة، وعندها أَذِنَ لي بالانصراف.

وقد شعرت بالامتعاض، غير أنه ما كان يجب أن أشعر بذلك. فمن أجل الإنصاف يفترض في القضاة والمحامين السعي إلى اختيار محلّفين يحكمون بناء على ما يسمعونه في قاعة المحكمة فقط، والابتعاد عن أولئك الذين قد يكونون سببا للتأثير غير المرغوب فيه في زملائهم المحلفين الآخرين بسبب خبراتهم الخارجية سواء كانت حقيقيّة أو تخيّليّة. غير أنّه وبطريقة ما كان إقصاء القاضي انعكاسا لاحتراز النظام القضائي اليوم من أدوات ومفاهيم علم الأعصاب. فبمساعدة تقنيات تصوير متطوّرة يستطيع علماء الأعصاب إمعان النظر إلى داخل الدماغ الحي، وقد بدؤوا بتمييز أنماط النشاط الدماغي التي ترتبط بسلوكيات وطرق تفكير معيّنة. وبالفعل بدأ المحامون بمحاولة استعمال **مسوح الدماغ**(1) كأدلّة في المحاكمات، ولكن المحاكم ما زالت تتنازع في كيفيّة تقرير متى يجب أن تقبل بمثل تلك المسوح. ففي المستقبل قد نرى أن قابلية ربط نشاط الدماغ بالحالات الذهنيّة يمكنها أن تقلب القواعد القديمة لتقرير ما إذا كان لدى متّهم (أو متّهمة) سيطرة على أفعاله، وتحديد إلى أي مدى يجب معاقبة هذا المتهم. وحتى الآن لا أحد يمتلك فكرة واضحة حول كيفيّة توجيه التغيرات، غير أن النظام القضائي والجمهور وعلماء الأعصاب بحاجة إلى فهم الأمور ذات الأهميّة لضمان بقاء مجتمعنا عادلا، حتى

(*) Neuroscience in the courtroom
(1) brain scans
(2) criminal defenses

باختصار

نادرا ما تقبل المحاكم اليوم مسوح الدماغ كدليل في المحاكمة لأسباب قانونية وعلمية. غير أنه مع نضوج علم الأعصاب قد يتزايد إدراك القضاة بأن تلك المسوح ذات صلة بنقاط الجدل المطروحة حول الحالة الذهنيّة للمتّهم أو مصداقيّة شاهد ما.

وقد يأتي التأثير الأعظم لعلم الدماغ في القانون من الفهم الأعمق للأسباب العصبيّة للسلوكيّات المعادية للمجتمع والسلوكيات غير القانونيّة. وقد تضع الاكتشافات المستقبليّة الأساس لأنواع جديدة من **الدفاعات الجنائيّة**(2)، على سبيل المثال.

غير أن المفاهيم العصبيّة قد تقلب أيضا الأفكار التقليديّة عن المسؤوليّة الشخصيّة والعقاب العادل. لذلك على المحاكم وبقيّة المجتمع الحذر في المضي بتبني الدلائل التي حصلوا عليها من علم الأعصاب.



المؤلف

Michael S. Gazzaniga

<*گازّانيگا*>، عضو الهيئة الاستشاريّة لمجلّة ساينتفيك أمريكان، وهو مدير مركز <سيج> لدراسة العقل في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا ومدير سابق لمشروع القانون وعلم الأعصاب لدى مؤسسة <جون *D*. وكاثرين *T*. ماك آرثر>

ولــو زلزلت المفاهيم الجديدة الأفكار القديمة حول الطبيعة البشريّة.

دليل غير مقبول (في الوقت الحاضر)(*)

مــع تزايد توافــر الصور التي تســتطيع وصف حالة الدماغ لشخص ما، فإن المحامين يطلبون إلى القضاة بشــكل متزايد قبول تلك المسوح كأدلّة لتوضيح مثلا إن كان المتهم غير مذنب بســبب الجنون أو أنّ شــاهدا ما يقول الحقيقة. وقد يوافــق القضاة على الطلب إذا رأوا أن المحلّفين سيعتبرون المسوح واحدا من البيانــات لدعم ادعاء المحامي أو الشــاهد أو إذا ظنّوا بأنّ رؤية الصور ســتعطي المحلّفين فهمــا أفضل لأمر ما ذي صلــة بالحالة. غير أنّ القضاة ســيرفضون الطلب إذا استنتجوا أن المســوح ستكون مقنعة بشــكل مبالغ فيه ولكن لأســباب خاطئة أو أنّها ســتعطي وزنا زائدا مبالغــا فيه لأنّها ببســاطة تبدو علميّة بشــكل شــديد الإقناع. ووفقا للقانون، يحتاج القضاة إلى أن يقــرروا ما إذا كان هدف اســتعمال المســوح **مســاندا لاقتــراح معيــن** probative (أي يميل إلى مســاندة الدفاع) أو استخدامها اســتخداما **متعصبــا** prejudicial (يميل إلى تحبيذ أفكار مقررة مســبقا) ومن الأرجح أنها ستشوش أو تضلّل المحلّفين. وحتــى الآن فإنّ القضاة - متفقين في ذلك مع الحكمة التقليدية لمعظم علماء الأعصاب وعلماء القانون - عادة ما يقررون بأنّ مســوح الدمــاغ تؤدي إلى التحيز غير العادل للمحلّفين من دون تقديم أي قيمة تذكر كدليل مســاند لاقتراح معيّن.

كمــا يتكرر إقصاء القضاة لمســوح الدمــاغ بحجة أنّ العلم لا يدعم استعمالها كأدلّة لأي حالة سوى حالة إصابة الدماغ بــالأذى العضوي. وقد يرغب محامــو الدفاع في اســتخدام المسوح لإثبات أنّ لدى المتّهمين اضطرابا فكريا أو عاطفيّــا معيّنا (**كاختلال التقديــر**[١] أو **الأخلاقية**[٢] أو **ضبط النزوات**[٣])، لكــن وللوقت الحاضر على الأقل، فإن معظم القضاة والباحثين متّفقون على أن العلم ليس متطورا بشكل كاف للسماح بتلك الاستعمالات.

يقدّم **تصوير الرنين المغنطيســي الوظيفي**[٤] (fMRI) مثالا على طريقــة يمكنها تقديم معلومات علميّة جيّدة، غير

(*) Unacceptable Evidence (For Now)
(١) flawed judgment
(٢) morality
(٣) impulse control
(٤) functional magnetic resonance imaging

أن نزرا قليلا منها مقبول قانونيّا. هذه التقنية مفضّلة لدى الباحثين الذين يتقصّون أي أجزاء من الدماغ تنشط خلال الأفعال المختلفة كالقراءة أو التحدّث أو أحلام اليقظة. غير أن هذه التقنية لا تقيس **انقداح الخلايا الدماغيّة**[1] مباشرة بل تقيس جريان الدم الّذي يظنّ أنه يتناسب إلى حدّ ما مع نشاط الخلايا العصبيّة. إضافة إلى ذلك، فلتحديد الإشارة الصُّوَرية المرتبطة بنموذج معيّن من النشاط الدماغي يضطر الباحثون عادة إلى أخذ المتوسط لعدّة مسوح من عدد من الأشخاص المشاركين في الاختبار، والّذين يمكن **لنمط دماغ** brain pattern كل منهم أن يحيد بشكل واسع عن الآخر. وقد تبدو صور الرنين المغنطيسي fMRI لمتهم معيّن مختلفة بشكل كبير عن قيمة المتوسط المقدّمة في المحكمة، ولكنّها قد تبقى ضمن الحدود الإحصائية لمجموعة البيانات الّتي تمّ حساب ذلك المتوسط منها.

إضافة إلى ذلك، فالعلماء ببساطة لا يعرفون دائما مدى التغييرات السوية في الشكل التشريحي للدماغ ونشاطه في مجموعة السكان (أو في مجموعات جزئية منها). لذلك، فإن عرض مسح الدماغ لمتّهم معيّن من دون بيانات من مجموعة مناسبة للمقارنة قد يضلل المحلّفين تضليلا كبيرا. وقد بذل القضاة جهودا لتقويم إمكانية قبول أدلّة مسح الدماغ العضويّة لمشكلات عصبيّة أو نفسيّة والتّي قد يكون لها وقع على كون المتّهم مذنبا؛ وقد يواجهون صعوبة أكثر في السنوات القادمة عند التقرير ما إذا كان سيسمح لصور الدماغ بأن تخدم كأدلة على حالات ذهنية أكثر تعقيدا كمصداقيّة أو صدق أحد الشهود.

منذ مطلع القرن العشرين – عندما ادّعى عالم النفس والمخترع <W .M. مارستون> أنّ آلة **البوليگراف** polygraph التي تقيس ضغط الدم والنبض والناقليّة الكهربائيّة للجلد وإشارات فيزيولوجيّة أخرى تستطيع تحديد ما إذا كان الشخص كاذبا – لقد صار كشف الكذب موضع جدل في الأوساط القانونيّة. فقد رأت المحاكم في الولايات المتحدة أن نتائج البوليگراف بشكل عام غير مقبولة، ولكنّ هناك تقنيات أخرى قيد التطوير، ومن المؤكد أنه سيفرض على المحاكم في نهاية الأمر تقييم مقبولية تلك التقنيات أيضا. وتتضمّن هذه الأدوات طرق تصوير الدماغ الّتي تهدف إلى كشف حالات الذهن التي تعكس سلوكا صادقا.

إن استعمال علم الأعصاب لتقدير الطبع والمصداقية العامة للمتهمين يمكن في نهاية الأمر أن يتغلب على استعماله لسبر ما إذا كانوا صادقين بشأن شيء محدد.

كشف الأكاذيب وتحديد المصداقيّة(*)

فمثلا، أظهر بحث حديث قام به <D .A. واگنر> وزملاؤه في جامعة ستانفورد أنّه تحت شروط تجريبيّة متحكم فيها يستطيع الجهاز fMRI مع استخدام لوغاريمية تحليلية معقدة تدعى **مصنف الأنماط** patterns classifier التعيين بدقّة ما إذا كان شخص ما يتذكّر شيئا، ولكنّه لا يستطيع تحديد ما إذا كان محتوى ذاكرته المكتشفة حقيقيا أو تخيّليا. وبعبارة أخرى، يمكننا استعمال الجهاز fMRI لكشف ما إذا كان الأفراد يعتقدون أنّهم يتذكّرون شيئا ولكن لا يمكننا القول ما إذا كان هذا الاعتقاد صحيحا. ويستنتج <واگنر> أن طرائق الجهاز fMRI يمكن أن تصبح فعّالة في نهاية الأمر في كشف الكذب، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات في هذا المضمار.

وهناك تجارب أخرى تساعد على كشف طبيعة الصدق: هل ينتج الصدق من غياب الإغراء أو من تكريس طاقة إرادة إضافيّة لمقاومته؟ في عام 2009، أعطى <D .J. گرين> و<M .J. پاكستون> [من جامعة هارڤارد] مشاركين في تجربة داخل جهاز **ماسح** scanner حافزا ماليّا للمبالغة في التصريح عن دقتهم في معرفة نتيجة رمي قطعة نقدية؛ واستطاع الباحثون أخذ صور الجهاز fMRI لأفراد كانوا يقرّرون قول الكذب أوْ لا. وقد اقترن السلوك المخادع بزيادة النشاط في بعض مناطق الدماغ المَعْنِية بالتحكم في الانفعال وصنع القرار. غير أن <گرين> و<پاكستون> لاحظا أنّ بعض الأفراد الذين قالوا الصدق أظهروا أيضا ذلك النشاط الدماغي عينه؛ وبذلك فإنّ صور الجهاز fMRI يمكن أن تكون التقطت فقط صراعهم الإضافي لمقاومة الإغراء وليس قولهم النهائي للصدق. ولذا، فإنّ الباحثين يلتمسون من القضاة توخي الحذر في السماح باستخدام هذا النوع من البيانات في المحكمة في الوقت الحاضر.

ولكنّ وجهة نظرهم ليست مقبولة من الجميع. ويشير <F. شاور> [أستاذ القانون في جامعة ڤيرجينيا وخبير الدليل القانوني] إلى أنّ المحاكم تقبل الآن بشكل روتيني عدة أنواع من الأدلة مشكوك فيها أكثر بكثير من علم كشف الكذب الذي يجري إقصاؤه. فالنهج الحالي لتقدير ما إذا كان الشهود أو غيرهم يقولون الصدق هو غير دقيق ومبني

(*) Detecting Lies and Determining Credibility
(1) the firing of brain cells

باســتعمال تقانة المسح الدماغي لكشف الكذب في محكمة بولاية تينيسي. وفي قضيّة الولايات المتحدة ضد ‹سيمرو›، وجـد قاضـي المحكمة أن الدليـل المقدّم من قبل شـركة تستخدم جهاز fMRI تجاري لكشف الكذب يجب إقصاؤه جزئيا بسـبب القاعدة الفدراليّة للأدلّة 403، والّتي تقضي بأن الدليل يجب أن يكون **مساندا لاقتراح** probative وليس داعما لأفكار مسبقة.

إضافة إلى ذلك، شرح القاضي لماذا وجد أنّ تأثير التقانة المتحيز لفكرة مسـبقة غير العادل طغى بشكل ملحوظ على قيمته الداعمة للاقتراح. وكان الاعتراض الرئيسي للقاضي هـو أنّ خبير الدفاع الذي أجرى اختبار كشـف الكذب لم يستطع إخبار المحكمة ما إذا كان الجواب لأي سؤال معيّن هو صح أو خطأ. وفي الواقع، فقد شـهد خبير الدفاع بأنّه يسـتطيع فقط القول ما إذا كان المتهم يجيب بصدق بشكل عام عن مجموعة الأسئلة المتعلقة للقضيّة.

ولابد للمرء أن يتسـاءل: في قضايا مسـتقبليّة هل يمكن أن تقبـل النتائج بالمحكمـة إذا كان الهدف أكثر تحديدا، أي ببساطة معرفة ما إذا كان المتّهم مخادعا أوْ لا بشكل عام؟ إنّ استعمال علم الأعصاب لتقدير الصفات الشخصيّة والصدق بشـكل عام للمتّهمين يمكن أن يتغلّـب في نهاية المطاف على اسـتعماله في سـبر صدقهم في أي أمر معين في المحكمة. والقاعـدة الفدراليّة 608(b) تقضـي بأنّه متى تمّ الهجوم على شخصيّة الشاهد يمكن للمحامي تقديم آراء عن «طبع الشاهد فيما يتعلّق بصدقه أو عدمه» كدليل. وهذا النوع من الأدلّة في الوقت الحاضر هو ببسـاطة عبارة عن شـهادة آخرين على شخصيّة الشاهد. ولكن ماذا عن الغد؟ هل سيرغب المحلّفون في معرفة النتيجة التي يحققها الشـاهد في اختبار احتمال عدم الأمانة؟ هل سـيكون الدليل بـأنّ أحدهم يميل إلى عدم الأمانة أكثر تعصبا إذا أتى من آلة منمّقة؟ إن حدسي بأنّ مثل هذا الدليل سيسـتعمل في نهاية الأمر وأنّه سيميل في البدء إلى أن يكون متحيزاً لفرضيّة مسبقة، ولكن باكتساب المجتمع خبرةً أكبر بالتقانة سيتضاءل أثر التعصب المسبق.

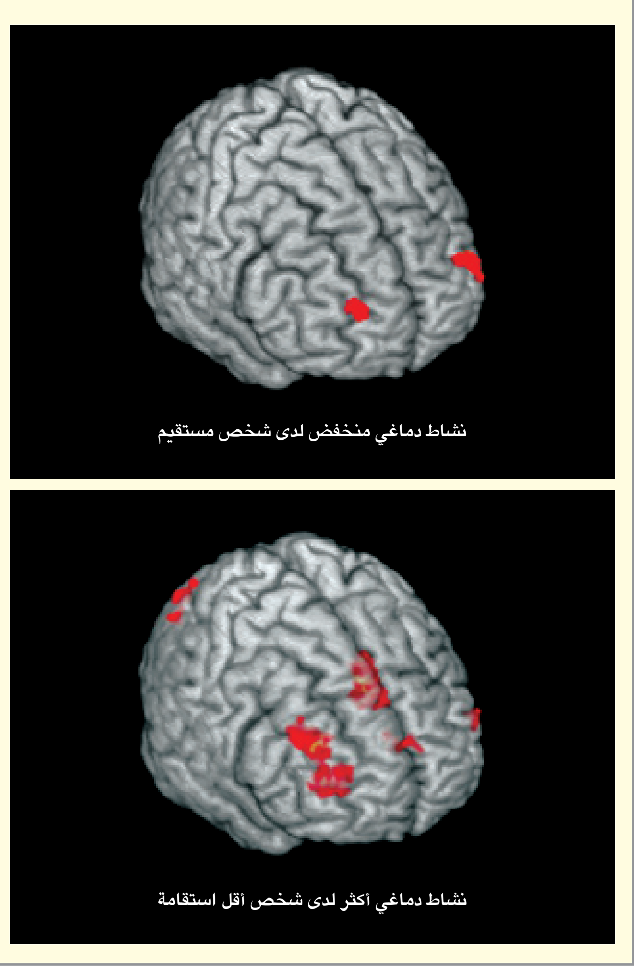
مسح الدماغ لمعتلّي النفس(**)

وقد سبق أن اضطر القضاة والمحامون إلى تحديد دور مسح الدماغ في قاعة المحكمة. ولكن على المدى البعيد فإنّ الوقع الأكبر لعلم الأعصاب على النظام القضائي سيتأتّى

مسح دماغي

مغالبة عصبية مع الإغراء(*)

تظهر دراسة مثيرة للتساؤل أحد مساوئ استعمال مسوح الدماغ كاشفات للكذب في قاعة المحكمة. فقد وجدت مسوح تصوير الرنين المغنطيسي الوظيفي خلال اختبارات الصدق للأشخاص بأنه مقارنة بالناس الصادقين باستمرار (*الصورة في الأعلى*) فإن أولئك الذين كانوا يكذبون أحيانا (*الصورة في الأسفل*) أظهروا نشاطا عصبيا أكثر (*اللون الأحمر*) في مناطق الدماغ التي تعنى بالسيطرة على التفكير. وقد كانت الفعالية الإضافية موجودة إذا ما تصرف الأفراد بشكل صادق أوْ لا في حالة معينة. ومن ثمّ فإن تلك الفعالية لا تكشف ما إذا كان أحدهم يكذب أو لا. إنها تقترح فقط أن الشخص (هو أو هي) يمارس سيطرة على إدراكه عندما يجابه بفرصة للكذب.



نشاط دماغي منخفض لدى شخص مستقيم

نشاط دماغي أكثر لدى شخص أقل استقامة

على سـوء فهم للسـلوك غير الصادق: فطريقة التصرف، مثلا، لا تعطي دائما أدلّة موثوقا بها على الصدق. وللقانون معاييـره الخاصة لتقرير القبول في المحكمة؛ وهذه المعايير أكثـر مرونة من المعايير العلميّة. ويجادل ‹شـاور› في أنّه يجب السماح للمحلّفين بالأخذ بعين الاعتبار نتيجة اختبار كشف الكذب الذي يحصل على 60 في المئة درجة من الدقّة، لأنّه قد يثير قدرا معقولا من الشك حول الإدانة أو البراءة.

انتهـت حديثا واحدة مـن أولى القضايـا التي عُنيت

(*) A Neurological Struggle with Temptation

(**) Scanning for Psychopaths

إجراءات

قبل أن يصبح مسح الدماغ دليلا[*]

شأنها شأن جميع أشكال الأدلة العلمية، فعلى مسوح الدماغ أن تجتاز على الأقل مرحلتين من المراجعة وأحيانا أكثر قبل أن يسمح للمحلفين بالاستماع إليها. ويستطيع المحامون استئناف قرار حول قبول المسوح الدماغية فقط إذا بدا أن القاضي تمادى في اجتهاده الشخصي في قضية.

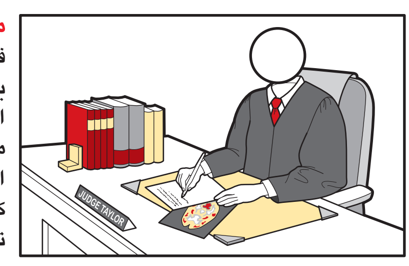
من قبل الدفاع

يكلف محامي الدفاع خبيرا لإجراء مراجعة عصبية neurological review لزبون أو شاهد لإعطاء رأي. وإذا كان الرأي لا يساعد الزبون فإن المحامي لا يصرح به.



من قبل القاضي

في جلسة ما قبل المحكمة يحدد القاضي ما إذا كانت المسوح الدماغية المقدمة مطابقة للاحتياجات القانونية للأدلة، وما إذا كانت قيمة المعلومات فيها تفوق احتمال التحيز الذي ستسببه للحكم.



في المحاكمة

إذا ذهبت القضية إلى المحكمة (أمر نادر نسبيا) فيمكن للمحامي أن يقدم مسوحا دماغية موافقا عليها من قبل القاضي لأخذها في الاعتبار عند النطق بالحكم.



بشـــكل رئيس من الفهم الأعمق لكيف يهيمن دماغنا على سلوكنا. وحتّى في الطفولة المبكّرة يُظهر البشر إحساسات فطريّة للعدل والتعاون إضافة إلى الرغبة في مواساة الذين أســيء إليهم ومعاقبة المتجاوزين. فنحن قضاة ومحلّفون منــذ الولادة. وفوق هــذه الغرائز بنينا رؤيتنا المســتنيرة حول كيف يجب على التثقيف أن يلاحظ الســلوك المعادي للمجتمع ويعاقبه. في يوم ما سيرغم علم الأعصاب النظام القضائي على مراجعة قواعده لتقرير حالة الذنب وإصدار العقوبــة. كما قد يهــزّ علم الأعصاب فهــم المجتمع حول ماذا يعني أن يمتلك المرء «إرادة حرّة» وكيف تكون أفضل طريقة لتقرير متى يجب اعتبار أحدهم مسؤولا عن الأفعال المعادية للمجتمع.

لنعتبــر الوضع النفســاني والقانوني **للمعتلين نفسيا** psychopaths والّذين يشــكّلون أقلّ من 1% من عامّة السكّان ولكــن 25% تقريبــا من الّذين هم في الســجون. ذلك النعت، مع اســتعماله الشائع كصفة عامة لوصف كثير من المجرمين العنيفين وغير العنيفين، فإنه يخصص بشكل أدق لأولئك الذين لديهم حالة نفسانيّة محدّدة بدقّة ومشخّصة عبر اختبار يدعى **قائمة هير للاعتلال النفسي المعدّلة** (PCL-R)[1].

وغالبــا ما يُظهر معتلّو النفس جاذبية ســطحيّة وأنانيّة وســلوك العظمة وخداعا وتلاعبا بالأمور وغياب الشــعور بالذنب أوالتعاطف، وهي ســمات يستطيع الاختبار PCL-R تقديرها جميعا. غير أنّ الاختبارات النفسيّة القياسيّة مثل الاختبــار PCL-R هي فقــط بدائل عن قيــاس الاختلالات العصبيّــة الّتي أدّت إلى الحياة الذهنيــة المضطربة لهؤلاء النــاس. ويجب أن توفــر قياســات الفعاليــات الدماغيّة بالتصوير العصبي، على الأقل نظريًا، طريقة أفضل بكثير لكشف المعتلّين نفسيا.

وحتّى الآن، هناك عدّة دراســات ربطت الاعتلال النفسي بنشاط دماغي غير عادي. والمعتلّون نفسيًا يظهرون، على سبيل المثال، اســتجابات عصبيّة غير سويّة لتنبيهات تتطلّب انتباها شــديدا ولكلمات ذات معان عاطفية أو واقعيّة أو مجرّدة. غير أنّ تلك الاســتجابات قد تظهر أيضا عند أناس عانوا إصابة في منطقة معروفة بالفص الصدغي الأنســي – بمعنى أنّه لا يمكن اســتخدامها كعلامات قاطعة على الاعتلال النفســي. وتقترح دراســات أخرى بأن المصابين بالاعتلال النفسي قد يعانــون عطبا في بِنى **الجهاز اللمبي**[2] العميقة في الدماغ، وهو الجهاز الّذي يســاعد على توليد العواطف، غير أنّ هذه النتيجة أولية.

بدأ العلماء أيضا بالبحث عن توصيلات غير ســويّة في أدمغة المعتلّين نفسيا. فقد قام <M .E.> رايشله> و<B.> شانون> وزملاؤهما [في جامعة واشنطن بسانت لويس] مع <K.> كييل> [من جامعة نيومكســيكو] بتحليل بيانات الجهاز fMRI من مســوح سجناء بالغين وأحداث جانحين، تمّ تقييمهم جميعا بإخضاعهم لاختبار الاعتلال النفســي باستعمال الاختبار PCL-R. فوجدوا أن لدى البالغين تشــكيلة من التوصيلات غير العاديّة بين مناطق الدماغ، مع أنه لا يسود تغيير معيّن. وظهــرت اختلافــات مذهلة بانتظام وبشــكل حصري لدى الجانحين الشــباب – وتزايدت درجة تلك التغييرات طرديا مع المستوى الفردي لســلوك الاندفاع لديهم. وتفسير هذا أنّ الأحداث المندفعين ينقصهم بعض التقييدات – الموجودة فــي الحالة الســويّة – على اختياراتهم مــن الأفعال. ربّما

(*) Before Brain Scans Can Be Evidence
(1) Hare Psychopathy Checklist - Revised
(2) limbic system

يصبح انتشار الخلل الدماغي بين الأحداث الذين لا يخضعون للعلاج والذي يحث على السلوك الاندفاعي في النهاية متعمما أكثر ويؤدي إلى الاضطرابات العصبيّة المتنوّعة المشاهدة في البالغين. وهذا الاختلاف يمكن أيضا أن يساعد على تفسير لماذا تنجح العلاجات النفسانيّة للاعتلال النفسي لدى الأحداث أكثر منها لدى البالغين الّذين لا يستجيبون – بشكل عام – للعلاج.

وبشكل مثير للجدل، لا يعتبر الاعتلال النفسي الآن أساسا معترفا به لدفاع بحجة الجنون. وعوضا من ذلك فإنّه يُنظر إلى المعتلّين نفسيا على أنّهم أكثر خطرا من الجانحين الّذين لا يعانون ذلك الاضطراب، وبذلك يتلقّون أحكاما أطول وأقسى. هذا وإن وجود أداة أو طريقة تصوير عصبي لتحديد معتلّي النفس بشكل موثوق به سيكون مفيدا في طور إصدار الحكم في قضيّة ما لأنّه قد يساعد على تقرير ما إذا كان المتهم يستحق الحجز الطبّي والعلاج بدلا من الحبس العقابي. وقد يصعب إقناع الجمهور بتقبل وجوب حجز المصنفين بهذه الطريقة في مستشفى الأمراض العقلية عوضا عن السجن، ولكن مع ظهور أدلّة كافية يمكن لتلك الممارسة أن تصبح في نهاية الأمر توجها قانونيا. وحتى ذلك الحين، يتمنّى المرء أن يقدم علم الأعصاب طرقا أفضل للمساعدة على تأهيل المصابين أو شفائهم.

علم الأعصاب والدفاعات الجنائيّة(*)

يقبل القانون الجنائي حاليّا قائمة قصيرة من الدفاعات الممكنة – فهل سيبدأ علم الأعصاب الحديث بالزيادة عليها؟ فمثلا، إن المحاكم ترفض باستمرار قبول «الدفاع الرسمي للمرأة المعتدى عليها بالضّرب» من متّهمات انتقمن بقوّة قاتلة ضد أزواجهن الّذين مارسوا الضرب المنتظم والعنيف ضدهن. ومع ذلك هناك محاكم في بعض الولايات تسمح للخبراء بالشهادة بأنّ متلازمة المرأة المعتدى عليها بالضرب هي نوع من **الاضطراب (الكرب) التالي للصدمة** (PTSD)[1] الذي يمكن للقاضي والمحلّفين أن يأخذوه بعين الاعتبار عندما يحددون مصداقيّة دعوى امرأة بأنّها تصرّفت لحماية نفسها. وهذه السوابق تفتح بابا لاستعمال قضائي أوسع لعلم الأعصاب.

إن تحديد **النيّة الجرميّة**[2] أو الحالة العقلية لمتّهم في سياق معين له أثر كبير في مدى المسؤوليّة الّتي تُلقى عليه (أو عليها). وفي بحث يستخدم الرنين المغنطيسي الوظيفي fMRI يدرس <R. مونتاگيو> [من كلية بيلور للطب] و <G. يافي> [أستاذ القانون في جامعة ساوث كاليفورنيا] ما إذا كان بعض المدمنين يعانون شكلا طفيفا من «**عمى المجازفة**» risk blindness. ويتعلّم الناس الأسوياء فكريّا عدم سرقة المحلات لتيقّنهم بأنّ ارتكاب الجريمة سيعرض للخطر قدرتهم على التمتع بحياتهم مع الأصدقاء والعائلة ومتابعة مهنة مجدية، ونحو ذلك. غير أنّ <مونتاگيو> و <يافي> وجدا دلائل إلى بعض المدمنين على الأقل لا يمكنهم التيقّن بفوائد تلك السبل المختلفة للتصرّف. ومن المحتمل أن تؤدي نتائج أبحاثهما إلى تبرير تعديل معيار «الإنسان المعقول» في القانون الجنائي، بحيث يمكن الحكم على المدمن حيال ما قد يفعله شخص مدمن معقول وليس حيال ما قد يفعله شخص غير مدمن معقول في ذلك الموقف؛ وقد تؤدّي هذه النتيجة إلى تبرئة المتّهم المدمن أو إلى تخفيض عقوبته.

هل سيؤدي اضمحلال مفاهيم الإرادة الحرة والمسؤولية الشخصية، إذا أمكن ردّ القرارات المضادة للمجتمع ظاهريا، إلى نوع ما من الانحرافات العصبية؟

وعندما تؤخذ جميع الأمثلة السابقة معا، تبرز أسئلة عميقة حول كيف ستقوم ثقافتنا والمحاكم بمعالجة السلوك المعادي للمجتمع. وكما تساءل عالم الأعصاب <W. T. نيوسوم> [من جامعة ستانفورد]: هل سيكون لكل واحد منّا مستوى تقييم «للمسؤولية» **مُستشخص**[3] يمكن اعتماده عندما نخرق القانون؟ فإذا قمنا كلّنا قريبا بتحميل تاريخنا المرضي الشخصي على رقاقة ذاكرة للرجوع إليه عند الحاجة، حسب ما يتنبّأ به بعض الخبراء، فهل من المحتمل أن نُضمنها **بروفايلا**[4] مشتقّا من معرفة دماغنا وسلوكنا والذي يعبّر عن معقوليتنا وعدم مبالاتنا؟ فهل سيكون هذا التطوّر جيدا للمجتمع ويدفع العدالة إلى الأمام، أم سيكون له أثر معاكس؟ وهل سيؤدي ذلك إلى اضمحلال شعارات الإرادة الحرّة والمسؤوليّة الشخصيّة بشكل أعم إذا أمكن ظاهريا ردّ جميع القرارات المعادية للمجتمع إلى نوع ما من الانحرافات العصبيّة؟

في اعتقادي أنه من المهم أن نُبقي التطوّرات العلميّة حول كيف يفعّل الدماغ العقل منفصلة عن مناقشات المسؤولية الشخصيّة. فالناس هم الّذين يرتكبون الجرائم وليس

(*) Neuroscience and Criminal Defenses
(1) post-traumatic stress disorder
(2) mens rea أو عقد النية على الإجرام.
(3) personalized: مُقدّر بحسب الأشخاص المعنيين.
(4) profile

أدمغتهم. وكما أوضحتُ في مكان آخر، فإنّ مفهوم المسؤولية الشخصيّة شيء ينتج من التفاعلات الاجتماعيّة. إنّه جزء من قواعد التبادل الاجتماعي، وليس جزءا من الدماغ.

تابع بحذر[*]

وعلــى الرغــم من المفاهيــم الكثيرة المســتقاة من علم الأعصاب، فإنّ الاكتشــافات الحديثة فــي البحث العلمي في عقــل الأحداث تؤكد الحاجة إلــى الحذر عند تضمين هذا العلم في القانــون. ففي عام 2005 وفي قضيّة ‹روبر› ضد ‹ســيمونز› رأت المحكمة العليــا للولايات المتحدة بأنّ حكــم الإعدام علــى متّهم ارتكب جريمة قَتْلٍ في ســن 17 أو ما دون ذلك يعتبر قاســيا وعقابــا غير عادي. وقد بَنَتْ رأيها على ثلاثة اختلافــات بين الأحداث والبالغين: يعاني الأحداث نقصا شــديدا في النضج والمسؤوليّة؛ والأحداث أكثر تأثّرا بالتأثيرات الســلبيّة وليس لديهم الحرية لإخراج أنفسهم من المواقف السيئة؛ وشخصيّة الحدث أقلّ تشكّلا من شــخصيّة البالغ. ومع أنّ المحكمة أدركت أنها وضعت حــدا عمريا اعتباطيا، فقد قضــت بأنّه لا يمكن أن تُفرض عقوبة الإعدام على شخص كان عمره أقل من 18 عاما عند ارتكابه الجريمة.

في الشهر 2010/5 زادت المحكمة من مدى هذا التحديد. ففــي قضيّة ‹گراهام› ضد ‹فلوريــدا›، قررت المحكمة أنه بالنســبة إلى الجرائم، باســتثناء جريمة القتل، فإنّ حكما بالســجن المؤبد من غير إمكانية إطلاق الســراح المشروط لمجرم تحت ســن 18 ينتهك منع الدســتور للعقاب القاسي وغير العــادي. وأشــارت المحكمة إلى معلومــات قدمتها الجمعيّــة الطبيّة الأمريكيّــة (AMA)، أنّ «علم النفس وعلم الدمــاغ مــازالا يُظهِــران اختلافات أساســيّة بين عقول الأحداث والبالغين.»

ولكن ما مدى تماســك دعــم هذا الرأي مــن قبل علم الأعصاب وعلم النفس؟ اســتقصت دراســة قام بها ‹G. S. بيرنــز› و ‹S. مور› و ‹C. M. كاپرا› [مــن جامعة إيموري] مــا إذا كانت النزعــة الّتي لا تقبل الجــدل لدى الأحداث بالانخراط في ســلوكٍ خطر ناجمة عن عدم النضج في نظم إدراكهم الّتي تنظّم الاســتجابات العاطفيّة. وقد اختبر هذا الفريق النظريّة باســتعمال تقانة تدعــى **التصوير المؤثر الانتشــاري** (DTI)[1] لفحــص حــزم المــادة البيضاء التي تربط مناطق التحكّم المختلفة في القشــرة الدماغيّة لدى 91 شخصا في سن المراهقة. ومما يبعث على الدهشة، هو أن الذين انخرطوا في سلوك خطر، بدت لديهم حزم أكثر شبها بتلــك الّتي لدى البالغين مقارنة بالّتــي لدى أقرانهم الّذين ابتعدوا عن السلوك الخطر.

وهكذا قدّم التصوير العصبي المتطوّر نتيجة معاكســة مباشــرة لوجهات النظــر العلميّة والقانونيّــة المعهودة عن مقدرة الأحــداث. وإذا دعم مزيد من البحــث العلمي تلك الاســتنتاجات، فالقانون، بمنطقــه الخاص، يمكن أن يقرّر معاملة الأحداث الجانحين بالمعاييــر الجنائيّة للبالغين، أو قــد تتطلب العدالة أن يخضع الأحــداث المحكومون لتقانة التصويــر DTI أو لتقانة لاحقة لتحديد مــا إذا كانت بنية المادة البيضــاء لديهم هــي كتلك لدى البالغــين. وعندها تســتطيع نتائج مثل هذا الاختبــار تزويد المحكمة باقتراح حول الحكم الذي تصدره. إنّ مدى هذه العواقب يُبرِز لماذا يجب ألا تَســتخدم المحاكم مفاهيــم من علم الأعصاب في القانون حتّى يؤكّدها كم كبير من الدراسات.

وعلــى الرغم من التطــوّرات المثيرة الّتــي يحققها علم الأعصــاب كلّ يوم فإنه يجب أن ينظــر كلّ منّا بحذر إلى كيف يمكن دمج هذه التطورات تدريجيا في ثقافتنا. هذا وإنّ أهمية مكتشفات علم الأعصاب بالنسبة إلى القانون هي فقط جــزء من الصورة الكاملة. هل نريد يوما ما الحصول على مســوح دماغيّة لخطيباتنا أو لشركاء عملنا أو لسياسيينا حتى ولو لم يعتدّ بالنتائج في المحكمة؟ ومع استمرار تطور الفهم العلمي للطبيعة البشرية، فإنّ موقفنا الأخلاقي حول رغبتنا فــي إدارة مجتمع عادل ســيتغيّر أيضا. فلا أحد أعرفه يريد التســرّع في تبني إطــار جديد من دون إعطاء عناية شــديدة لكل مكتشــف جديد. ولكن لا أحد يستطيع تجاهل التغييرات الّتي تلوح في الأفق. ■

(*) Proceed with Caution
(1) diffusion tensor imaging

مراجع للاستزادة

Patterns of Neural Activity Associated with Honest and Dishonest Moral Decisions. Joshua D. Greene and Joseph M. Paxton in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 106, No. 30, pages 12,506–12,511; July 28, 2009.

Adolescent Engagement in Dangerous Behaviors Is Associated with Increased White Matter Maturity of Frontal Cortex. Gregory S. Berns, Sara Moore and C. Monica Capra in *PLoS ONE*, Vol. 4, No. 8, e6773; August 26, 2009.

Altered Functional Connectivity in Adult and Juvenile Psychopathy: A Rest-State fMRI Analysis. Benjamin Shannon et al. Abstract from the 16th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Barcelona, 2010.

Detecting Individual Memories through the Neural Decoding of Memory States and Past Experience. Jesse Rissman, Henry T. Greely and Anthony D. Wagner in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 107, No. 21, pages 9,849–9,854; May 25, 2010.

Who's in Charge? Free Will and the Science of the Brain. Michael S. Gazzaniga. Ecco Harper-Collins, 2011.

The Law and Neuroscience Project: **www.lawandneuroscienceproject.org**

Scientific American, April 2011

تتمة الصفحة 17 (دراسة الأمراض في طبق)

ذي صلة بالعصبونات المحركة. ولقد تمكن ‹روبن› من خلال مواصلته لتجارب موازية بهارڤارد من التعرف على ما يقرب من دستتين من الجزيئات الصغيرة التي تستطيع التفاعل مع أحد المسارات الجزيئية التي اكتشفت حديثا في العصبونات المحركة بحيث يمكنها أن تعزز من بقياها. وتقوم مؤسسة مرض ضمور العضلات النخاعي حاليا باختبار أحد هذه الجزيئات على حيوانات مصابة بنموذج من هذا المرض.

هناك مؤشر آخر ربما لا يقل أهمية عمّا سبق يدل على أن الخلايا iPS تقدم لنا أسلوبا واعدا لاكتشاف العقاقير، ألا وهو أن ‹روبن› لم يعد يطرق أبواب شركات العقاقير. فمنذ قيام باحثي كولومبيا وهارڤارد بتأسيس مبدأ دراسة المرض في طبق – والذي يعني إمكان إنتاج عصبونات تحتوي على العوامل الوراثية الموجودة في شخص مريض – وذلك كما حدث مع المريضة A29 في صيف عام 2008، فإن شركات العقاقير مازالت تقرع أبواب ‹روبن›. ومن دون تحديد أسماء شركات معينة وذلك لدواعي السرية، يقول ‹روبن›: «يمكنني القول إن كل شركات العقاقير الكبيرة قد أصبحت الآن مهتمة بهذا الأسلوب». لقد امتدت الإثارة إلى مجال التقانة الحيوية: فالعديد من الباحثين الذين أسهموا في موضوع «دراسة مرض العصبونات المحركة في طبق»، ومن ضمنهم ‹إيجان› و‹روبن› أصبحوا مشتركين في أعمال شركة التقانة الحيوية أي بيريان iPierian بكاليفورنيا، وهي واحدة من العديد من الشركات المبتدئة في هذا المجال، والتي تتضمن شركة **الديناميكيات الخلوية الدولية**[1] وشركة Fate Therapeutics اللتين تقومان بمواءمة التقنية iPS لاستخدامها في اكتشاف العقاقير.

في ذات الوقت يتزايد أعداد الباحثين الذين يواصلون تجاربهم مستخدمين أسلوب دراسة المرض في طبق. فبعد وقت قصير من نشر دراسة المرض ALS في عام 2008، سجلت مجموعة منفصلة من الباحثين في معهد هارڤارد للخلايا الجذعية استخدامهم للطريقة iPS في إنتاج «خلايا لدراسة المرض في طبق» وذلك من مرضى مصابين بسكري اليافعين، وبداء پاركنسون وغيرها من الأمراض. وفي أواخر عام 2008 تمكنت مجموعة من الباحثين بجامعة ويسكنسون بقيادة ‹N .C. سڤندسن› (الذي انتقل منذ ذلك الوقت إلى مركز سيدارس-سينا الطبي Cedars-Sinai Medical Center بلوس أنجلوس) من إنتاج عصبونات محركة في طبق وذلك باستخدام خلايا من مريض مصاب بضمور العضلات النخاعي.

عندما سألت الباحثين بكولومبيا وهارڤارد ما إذا كانت الشقيقتان الكرواتيتان على علم بالتطور البحثي الذي نتج من استخدام ما تبرعتا به من خلايا، لم يكن عند أحد منهم في البداية أي إجابة عن هذا السؤال. ولكنني عرفت في النهاية أن الشقيقتين لا تزالان على قيد الحياة، وذلك وفقا لابنة المريضة A29 والتي وافقت على التحدث عن ذلك شريطةً ألا يتم ذكر اسمها أو اسم أفراد عائلتها. فالشقيقة الكبرى والتي تبلغ الآن من العمر 93 عاما مازالت تعيش من دون أن يظهر عليها أي من أعراض المرض ALS: فهي كما تقول ابنة شقيقتها مازالت «تعيش بمفردها، وتمشي حيث تشاء، وتتسوق، وتطهو الطعام، وتكنس وتنظف المنزل». أما الشقيقة الصغرى، أو المريضة A29، فقد أتمت في الشهر 2011/6 العام الخامس والثمانين من عمرها، وذلك على الرغم من معاناتها المرض ALS، وهي تستطيع الحركة «ببطء وضعف» و«تشعر بالامتنان» لأن الفرصة قد أتيحت لها للمساعدة على إجراء هذه الأبحاث العلمية.

ما يزال هناك عبء قاس جاثم على هذه العائلة لا يبدو أنه قد ذهب بعيدا عنها وهو ما يؤكد لنا حالة الإلحاح التي يشعر بها من قد يستفيدون من أسلوب استخدام الخلايا الجذعية في التوصل إلى عقاقير لمواجهة هذا المرض. تقول ابنه المريضة A29 والتي أوضح التشخيص الطبي إصابتها هي نفسها بالمرض ALS في عام 2002: «أنا صغيرة العمر نسبيا. نحن خائفون من أن يبدأ المرض بالظهور في عمر أصغر وذلك مع امتداد أجيال العائلة. نحن نشعر بأن الأمر يبدو بعض الشيء» – ثم تتوقف عن الحديث لكي تستجمع قواها وأفكارها القاتمة لا محالة – «وكأننا في صراع ضد الزمن. فأنا نفسي لديّ ابنة في سن المراهقة، وهو ما يثقل كثيرا أفكاري ومشاعري.» ■

(١) Cellular Dynamics International

مراجع للاستزادة

Induced Pluripotent Stem Cells Generated from Patients with ALS Can Be Differentiated into Motor Neurons. John T. Dimos et al. in *Science*, Vol. 321, pages 1218-1221; August 29, 2008.

Study Says Brain Trauma Can Mimic A.L.S. Alan Schwarz in *New York Times*, August 17, 2010.

iPS Cells: A Promising New Platform for Drug Discovery. George Daley in Children's Hospital Boston's science and clinical innovation blog, September 23, 2010: **http://vectorblog.org/ips-cells-a-promising-new-platform-for-drug-discovery**

Diseases in a Dish Take Off. Gretchen Vogel in *Science*, Vol. 330, pages 1172-1173; November 26, 2010.

***Scientific American*, March 2011**

بحث عن حلّ جذري(*)

سيأتي أعظم مكسب من الطاقة نتيجة إعادة ابتكار جوهرية للتقانات السائدة، وذلك على حد قول المستثمر <V. خوسلا>.

مقابلة أجراها <M. فيشيتي>

لقد صار <V. خوسلا> أشهر المستثمرين الذين نالوا اعترافا واسعا في مجال التقانات النظيفة، تلك التي تُولِّد الطاقة أو تقتصد في استخدامها مع أقلِّ قدر من التأثير البيئي. في عام 2004 أسس الشركة **خوسلا ڤينتشرز** Khosla Ventures لتمويل شركات جديدة بعد أن ظل ردحا طويلا من الزمن شريكا في شركة الاستثمار الضخمة Kleiner Perkins Caufield & Byers. وتعود بداياته في التعهدات الاستثمارية إلى عام 1982 حين شارك في تأسيس الشركة **صن مايكروسيستمز** Sun Microsystems التي أصبحت شركة للأجهزة الحاسوبية والبرمجيات وقد بلغت قيمتها سبعة بلايين دولار. وفي حوار ثنائي أُجري أمام جمهور من المستثمرين و**أصحاب المشاريع** entrepreneurs في مجال الطاقة في المؤتمر GoingGreen الذي انعقد مؤخرا في سان فرانسيسكو، طلب مراسل مجلة *ساينتفيك أمريكان* <M. فيشيتي> إلى <خوسلا> (أحد مستشاري المجلة) أن يقيّم، بعين المموّل المبادر، الابتكارات الجديدة في مجال الطاقة التي يرجِّح نجاحها وأن يعلل سبب هذه التوقعات. وفيما يلي نعرض مقتطفات من هذا اللقاء:

ساينتفيك أمريكان (SA): ***أحد المبادىء التي تبنَّيتَها بوصفك مستثمرا: إذا لم يكن الابتكار قابلا للتطبيق على مدى واسع، فلن يكون مؤثرا. كيف يمكن تطبيق ذلك على التقانات النظيفة؟***

خوسلا: إن طاقة الرياح قابلةٌ للتطبيق على مدى واسع، ولكن تدهشني ندرة الابتكارات في هذا المجال. فما تحتاج إليه الرياح فعلا هو تقانة لتخزين الطاقة، ولم يُبْدأ بتطوير التخزين للتطبيق على مدى واسع بعد. وفي رأيي أن معظم المحاولات في هذا المجال ليست جدية؛ فنحن بحاجة إلى تغيير جذري. أما الطاقة الشمسية فيبدو أنها تُبلي بلاءً حسنا، ولكن عددا أكبر من اللازم من الشركات تقوم بالشيء نفسه. صحيحٌ أن التكاليف آخذة في الانخفاض، ولكن ليس إلى درجة تكفي للوصول إلى حدِّ القدرة على المنافسة في السوق من دون دعم - وهذا مبدأ آخر أتبنّاه. وتقع تبعة أغلب ذلك على المستثمرين والممولين الذين يحاولون التركيز على الابتكار الهامشي التالي بدلا من الابتكار الجوهري التالي.

إن أكثر المجالات إثارة للاهتمام هو الذي يجده المعنيون أشد صعوبة: ألا وهو **الوقود الحيوي** biofuels. فقد بدأت الشركة **أميريس** Amyris اكتتابا أوليا لأسهمها والذي حقق نجاحا باهرا، وإحدى شركاتنا الأخرى وهي الشركة جيڤو Gevo سائرة على الطريق نفسه. وثمة أدلةٌ كافية تثبت

(*) IN SEARCH OF THE RADICAL SOLUTION

باختصار

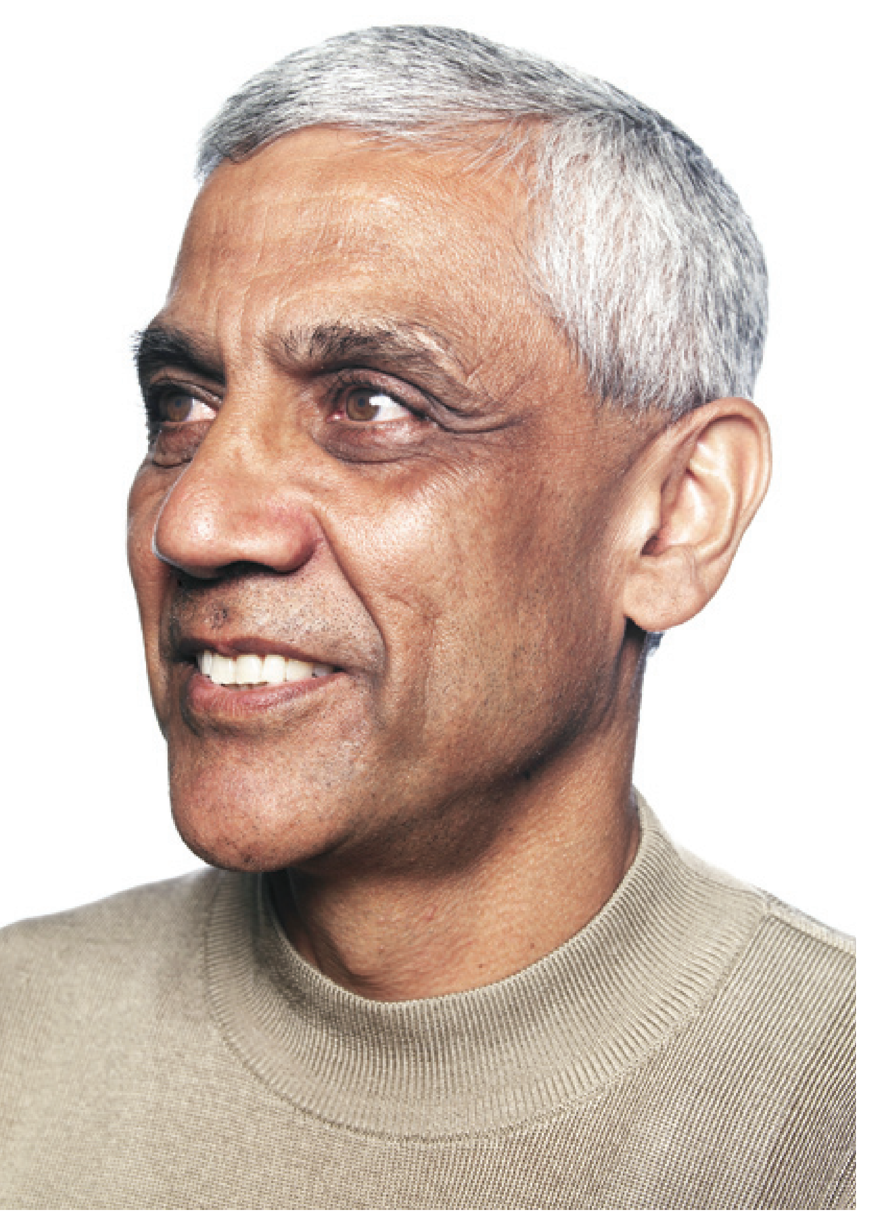
الابتكار الجذري ثمة حاجةٌ إلى تطوير يحقق ما هو أكثر من مجرد إضافات بسيطة عند ابتكار تقانات طاقة نظيفة وفاعلة يمكنها المنافسة من دون دعم (حكومي) في الأسواق الكبرى.

التقانات التقليدية السائدة مثل أنظمة تكييف الهواء ومحرّكات السيارات التي يمكن أن تمثِّل أفضل الأهداف للإنجازات التي تغيّر لعبة الطاقة الراهنة.

هنالك حاجة إلى مزيد من حملة الدكتوراه في المجالات العلمية التقنية لتحقيق إنجازات فعلية، وثمة طلبة بدؤوا بالتوجه نحو هذه المجالات.

معيار إنتاج الكهرباء بأسلوب يخفِّض انبعاث الكربون سوف يشجِّع معايير الطاقة غير المتجددة أو **نظام السقف-و-المقايضة** a cap-and-trade system على ابتكار تقانات أكثر نظافة، ومنها الوقود الأحفوري.

أن قلة من التقانات التي لا يتعدى عددها أصابع اليد ستكون مجديةً اقتصاديا، بعضها بدعم حكومي، وبعضها الآخر من دون هذا الدعم. أما التقانات التي لا تحظى بالدعم فهي الأشد إثارة للاهتمام لأنه سيكون بالإمكان تطبيقها على مدى واسع بشكل لا حدود له.



(SA): ***مبدأ آخر: لا تَسْتثمِرْ في التقانة النظيفة clean tech، بل استَثْمِر في التقانة الرئيسية main tech. فما هي التقانة الرئيسية ولماذا يكمنُ فيها الوعدُ المأمول؟***

خوسلا: لا تمثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح سوى تعريف ضيّق للتقانة النظيفة؛ بل لعله الجزء الأقل إثارة للاهتمام. فشركتنا تستثمر في محركات للسيارات جديدة كليا من الشركة إيكو موتورز EcoMotors تتميز بأنها أكثر كفاءة بنسبة 50% وأقل تكلفة من المحركات المتوافرة اليوم. ونحن نستثمر في مكيّفات هواء تستخدم فيها دورة ديناميكية حرارية جديدة. تلك هي في رأيي التقانة الرئيسية. إنها أجهزة تكييف الهواء التي لا تزيد تكلفتها على تكلفة الأجهزة الحالية، ولكن استخدامها للطاقة يقل بنسبة 80% – هذا هو ما يستحق أن نتكلم عنه. إنها أنظمة إنارة تتميز بكفاءتها وتغطي تكاليفها على مدى الاثني عشر شهرا الأولى لا الاثني عشر عاما التالية – وهذا أيضا ما يستحق أن نتكلم عنه.

ونحن نستثمر في الزجاج وفي الإسمنت [*انظر الإطار في الصفحة 28*] – أي في البنية التحتية للمجتمع لا في التقانات النظيفة الهامشية المعتمدة على الدعم الحكومي. فإذا أراد مجتمع أن ينشئ مثلا 10 شركات جديدة تعادل نمط **گوگل** Google ولكن في مجال التقانات النظيفة فسوف تكون هذه الشركات من شركات التقانة الرئيسية التي تعمل في الأسواق الرئيسة من دون دعم حكومي.

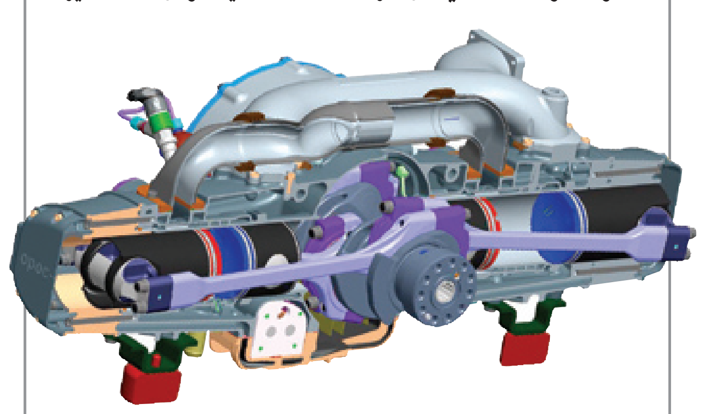
وأيُّ تقانة لا تحقق القدرة التنافسية في السوق من دون دعم حكومي خلال السنوات السبع الأولى من بدء بتطبيقها على مدى واسع لا تستحق مثل هذا الدعم. ربما تحتاج إلى ثلاث أو أربع أو خمس سنوات للبحث والتطوير قبل البدء بتطبيقها على مدى واسع، لكنك لن تتمكن من العمل في الصين أو في الهند إن لم تكن تتمتع بالقدرة على المنافسة في السوق من دون دعم. فلا وجود للدعم أو الإعانات في الهند، ولا يوجد دعم للطاقة الشمسية في تشيلي أو في إفريقيا أو في معظم بلدان العالم. وغالبية الأسواق المهمة في مجال الطاقة هي أسواق العالم النامي التي تشهد معدلات نمو مرتفعة. فإن لم تتمتع بالقدرة التنافسية من دون الاعتماد على الدعم، فلن تتمكن من دخول هذه الأسواق، ولن تخرج الشركة عن كونها شركة شديدة التخصص.

(SA): ***إذن، ما هو الحد الأدنى من السعر المطلوب للقدرة على المنافسة؟ لقد ظلّ المستثمرون على مدى سنين يقولون إن تقانة الطاقة الجديدة يجب أن تنافس النفط عندما يصل سعر البرميل إلى 40***

حقيبة استثمارات

شركة خوسلا ڤينتشرز[*]

استثمرت شركة خوسلا ڤينتشرز في سبع وثلاثين من شركات تقانة المعلومات وثلاث خمسين من شركات التقانة النظيفة، ومن هذه الأخيرة:



شركة أميريس AMYRIS
في إميرفيل بولاية كاليفورنيا
نجحت في إنتاج متعضيات ميكروية microorganisms معدّلة تحوِّل السكر من مواد حيوية إلى وقود حيوي ومواد كيميائية للاستخدامات المتخصصة.

إيكو موتورز ECOMOTORS
في ألين بارك بولاية متشيگان
أنتجت محرك سيارة يتميز بمكبس معاكس وأسطوانة معاكسة opposed piston, opposed cylinder، يقتصد في الحجم والوزن واستهلاك الوقود.

شركة كاليرا CALERA
في لوس گاتوس بولاية كاليفورنيا
ابتكرت عمليةً معالجة تلتقط ثاني أكسيد الكربون وتحتجزه من محطات الطاقة ثم تستخدمه كمادة خام في صناعة الإسمنت.

شركة كايتين CAITIN
في بيتالوما بولاية كاليفورنيا
ابتكرت نظاما لتكييف الهواء يستخدم دورة ديناميكية حرارية جديدة لتخفيض استهلاك الطاقة تخفيضا مهما عند التشغيل.

دولارا. وبعضهم قال 50 دولارا. ولكن أسعار النفط ظلّت أعلى من ذلك بكثير طوال سنين، علما بأن الدول النفطية الكبرى أكّدت أنها تريد أن تجعل الحد الأدنى للسعر 80 دولارا. فأين هو الحد؟

خوسلا: يجب أن ننظر إلى المستقبل البعيد. لنفترض أن أول مصنع إنتاجي لتحويل **المواد الحيوية** biomass إلى وقود حيوي ينتج الوقود بما يعادل 75 دولارا للبرميل. فالاحتمالات تقتضي بأن المصنع الخامس سوف ينتج الوقود بسعر 60 دولارا للبرميل، ومع بنائك للمصنع الخامس عشر تصل إلى سعر 50 دولارا. وهكذا، فإن المصنع الأول سينتج الوقود بالسعر السائد تقريبا، ثم يستمر السعر بالانخفاض مع ازدياد عدد المصانع.

وعند بناء المصنع الخمسين، تبدأ حينئذ المنظومة البيئية المحيطة بتقديم يد العون: إذ تصبح أسعار خام التغذية من المادة الحيوية أرخص بكثير؛ ويصنّع أمثال <J. ديري>[1] معدات وأدوات مصنّعة لحصاد المادة الحيوية وتقطيعها.

وإذا تمكن المصنع الأول من إنتاج الوقود بما يعادل 75 دولارا للبرميل، فإنه لن يتوقف عن الإنتاج إلى أن يصبح السعر ثلاثين دولارا. وبحلول العام 2030 سيصبح سعر النفط بأسعار العام 2006 ثلاثين دولارا للبرميل، ليس لأننا سنكون قد توقفنا عن استخدام النفط بل لأن النفط سيواجه حينذاك منافسة قوية.

(SA): كانت الاستثمارات في الوقود الحيوي كبيرة قبل سنتين، ولكنها تركزت قبل ذلك على طاقة الرياح والطاقة الشمسية، بينما تركزت في السنة الماضية على الشبكة الذكية، وهكذا يبدو أن التقانة النظيفة هدف متحرك.

خوسلا: من المشكلات القائمة أن الناشطين البيئيين نجحوا نجاحا كبيرا في تحديد المشكلات التي نحتاج إلى حلها. ولكنهم فشلوا فشلا ذريعا في اختيار الحلول. وأعتقد أن معظم الناشطين البيئيين يقفون غالبا حجر عثرة في طريق الحلول المجدية اقتصاديا. وسوف تفوز الجاذبية الاقتصادية على الدوام. لهذا أتبنّى مبدأ القدرة على المنافسة في السوق من دون دعم حكومي.

على سبيل المثال، لا أعتقد أن السيارات الكهربائية هي مجدية اقتصاديا اليوم. خذ مثلا السيارة **نيسان ليف** Nissan Leaf: إنها سيارة كهربائية يبلغ سعرها 26 ألف دولار ببطارية يصل سعرها إلى 20 ألف دولار؟ هذا غير معقول. أما السيارة شيفروليه ڤلط Chevy Volt، التي تُعَدُّ سيارة [هجينة] جيدة، فمن المتوقع أن تصدّر 40 ألف سيارة بحلول العام 2012. في حين أن السيارة تاتا نانو Tata Nano [وهي سيارة صغيرة ورخيصة الثمن صُنعت في الهند] قد تلقت 200 ألف طلب شراء في اليوم الأول من الإعلان عنها. فتقاناتنا يجب أن تكون مشابهة لتقانة تاتا نانو، لا تقانة شيفروليه ڤلط، من حيث انخفاض انبعاثات الكربون، فمعظم النمو في سوق السيارات العالمي يحدث في الهند والصين والجاذبية الاقتصادية هي المفتاح.

وفي سيارةٍ ثمنها 100 ألف دولار، مثل السيارة تيسلا Tesla، ليس من المهم كثيرا أن تكلف البطارية 20 ألف دولار. ولا ريب في أن هذه السيارة جذّابة وممتعة، لكن مالكها لا يُعَدُّ مشتريا يهتم بالسعر، خلافا لمعظم الزبائن في العالم الذين يهتمون فعلا بالسعر، ويختارون حتما السيارة «تاتا نانو». وإذا أردت حلَّ مشكلة المناخ، فما

(*) Khosla Ventures
(١) جون ديري (1804-1886م) مستثمر أمريكي ومصنِّع للأدوات الزراعية.

عليك سوى أن تصنع سيارات على شاكلة «نانو» ذات انبعاثات كربون منخفضة.

وإلا يجب صنع بطارية سيارة كهربائية تكلِّف عُشر تكلفة بطاريات **أيونات الليثيوم** lithium-ion التي تصنع الآن. ومن المؤكد تقريبا أن غالبية بطاريات أيونات الليثيوم التقليدية ستختفي في غضون خمسة عشر عاما أو نحوها. ولا أحد غيري يعتقد ذلك، وها أنا أعلنها على الملأ.

نحن نستثمر في بطاريات أيونات الليثيوم الجافة وقد ينجح ذلك، ونستثمر في بطاريات **المغنيزيوم** magnesium وقد ينجح ذلك أيضا. كما أننا نستثمر في ابتكارات جديدة غير عادية أدعوها «الأشياء النوعية المصغَّرة التي لا أعرف لها اسما». وأحسب أن البطارية الرائدة بعد خمسة عشر عاما ستكون البطارية الأقل احتمالا للنجاح بنظر الناس اليوم.

يعيدنا ذلك كله إلى الابتكار الجذري، فالشركات التي ستفوز في معركة الجاذبية الاقتصادية الطاحنة وفي القدرة على المنافسة في السوق من دون دعم، هي التي تحاول تجريب التقانات الجذرية. وإذا وُجدت فكرة مبتكرة من المرجَّح أن تكون نسبة فشلها 90%، فإنني أتبناها. لماذا؟ لأنه من المرجَّح أن تحقق قفزةً نوعيةً في الأداء. وهذه هي «أطروحة البجعة السوداء في الطاقة» التي وضعتها. لا تبحث عن الحلول في المجالات التي يرتفع فيها احتمال تحقيق النجاح. فهذه كلها لا تتحقق سوى بإضافات بسيطة وإنما ابحث عنها في طرف منحنى التوزيع [الهرمي الشكل] «للاحتمال الأكثر حظا في النجاح».

(SA): هل تقع هذه الحلول المتطرفة في بؤرة نشاط الصندوقين اللذين أنشأتهما: بليون دولار لتقانة الطاقة والمعلومات و300 مليون دولار للتجارب العالية المخاطرة؟

خوسلا: لدينا مال كثير لاستثماره. والمشكلة تكمن في العثور على مَنْ يريد إيجاد اكتشافات غير تلك التي تحقق إضافات بسيطة والتي لا يمكن تطبيقها على مدى واسع. هل تريد إنتاج ديزل حيوي من زيت النخيل؟ عظيم، ربما ينجح مسعاك. ولكن هل يستحق هذا المسعى النجاح؟ لا أرجِّح ذلك.

يحاول آخرون إنجاح السحر في مجالات فشل فيها. الوقود من الطحالب؟ لقد قمت بمعاينة عشرين مقترح عمل، ولم أجد واحدا منها مجديا من الناحية الاقتصادية. والأسوأ من ذلك أنني لا أستطيع عند معاينة تكاليف المعالجة أن أحدد الابتكارات الافتراضية التي يمكن أن تحقق تطورا أو تحسنا بمقدار خمس مرات. والآن، هل تستطيع أن تنشئ مصنعا لمعالجة الطحالب للحصول على منتج عالي القيمة مثل نيوتراسيوتنال neutraceutical (منتجات غذائية مفيدة صحيا أو طبيا)؟ حتما. وأقترح على المشتغلين بالطحالب تحويل هدفهم إلى المنتجات العالية القيمة، فربما تنجح.

إذن، ثمة مالٌ كثير. ولكن لا توجد أعداد كافية من التقانات المبتكرة. ولا يوجد ما يكفي من البارعين من حملة الدكتوراه في هذه المجالات. والواقع أنني أحصي عدد حملة الدكتوراه في كلِّ شركة [نقوم بتمويلها أو نفكر في تمويلها]. فأستدعي كلَّ مدير تنفيذي وأسأله: «ما هو عدد حملة الدكتوراه الذين وظفتهم في الشهر الماضي؟» هذا هو السؤال التقليدي الذي أطرحه. إذ لا يوجد ما يكفي من المهارات التقانية لتحقيق ابتكارات مهمة. فلم تكن جامعاتنا تخرِّج ما يكفي من هؤلاء إلى ما قبل سنتين أو ثلاث، حين ازداد الاهتمام بالتقانة النظيفة أو تقانات الطاقة. والخبر السار هو أن الأذكياء والمبدعين من طلبة الدكتوراه يتّجهون الآن إلى هذه المجالات، ومن ثَمّ سيكون هناك انفجار في الابتكارات في غضون عشر سنين.

(SA): تقول إن هناك وفرة في المال، ولكن منتقدي التقانة النظيفة يؤكدون أن تطبيقها على مدى واسع يتطلب الكثير من المال.

خوسلا: هذا خطأ مطلق، وحجةٌ فاسدة. فحجم المال المطلوب لتحقيق تدفّق نقدي تُعادل فيه الأرباح التكاليف أو الاكتتاب العام الأولي (للأسهم) أو لبلوغ مرحلة معقولة يمكن عندها بيع الشركة لا يختلف عما بدت عليه حقيبتنا لأسهم التقانة النظيفة، حقيبتنا الاستثمارية الرئيسية على مدى السنوات الخمس عشرة الماضية التي كنتُ في أثنائها في شركة كلاينر بيركينز حين كنا نستهدف في نشاطنا تقانة المعلومات أو معدات الاتصال الإلكترونية أو البرمجيات التجارية. وفي تسعينات القرن الماضي احتاج كثير من الشركات إلى خمسين أو مئة مليون دولار للوصول إلى نقطة التعادل. وسوف تحتاج شركاتنا العاملة في مجال أنظمة الإنارة والتكييف إلى استثمارات مبالغ ضمن هذه الحدود.

هل هناك قلة من الشركات التي تحتاج إلى 300 أو 400 مليون دولار؟ أجل بالتأكيد، ولكن لدينا شركات تقانة حيوية بحاجة إلى 300 أو 400 مليون دولار. يبدو أن التوزيع متماثل تقريبا.

(SA): رأس المال مهم. ولكن ماذا عن التشريعات

التتمة في الصفحة 39

العضو الخفي في عيوننا(*)

تتلاءم أجسامنا مع دورة الليل والنهار بفضل عصبونات متخصصة في عيوننا، ودراسة هذه الخلايا قد تؤدي إلى علاجات جديدة لاكتئاب الشتاء وحالات أخرى.

<I. پروڤنسيو>

في عشرينات القرن العشرين، اكتشف <E .C. كيلر> [عندما كان طالب دراسات عليا في جامعة هارڤرد] حقيقتين مفاجئتين عن الفئران التي كان يستولدها في غرفة استأجرها في سقيفة أحد البيوت. كان نسل الفئران كله مصابا بالعمى التام، ومع ذلك كانت حدقاتها تتضيق استجابةً للضوء المحيط، ولكن بسرعة أقل من حدقات الفئران المبصرة.

بعد مرور سنوات عديدة توسع الباحثون في دراسة ملاحظة <كيلر>، فبيّنوا أن الفئران التي خضعت للهندسة الوراثية المؤدية إلى فقدان **العصي والمخاريط**[1] (مستقبلات الضوء المشاركة في الرؤية) بقيت تستجيب للتغيرات في الإنارة بضبط ساعتها على مدى 24 ساعة تقريبا، أي المؤقِّتة الداخلية التي تقوم **بمزامنة**[2] synchronization نشاط الهرمونات وحرارة الجسم والنوم. وكانت هذه الحيوانات تقوم بالنشاطات النهارية المعتادة في ضوء النهار والنشاطات الليلية في الظلام، وذلك على الرغم من غياب الخلايا المستقبلة للضوء في شبكياتها التي تستخدمها عيون الفقاريات لتشكيل الأخيلة علما بأن الاستئصال الجراحي للعينين أدى إلى إبطال هذه المقدرة. وقد تكون هذه الظاهرة مشتركة بين الكثير من الثدييات، بما فيها البشر: فقد بينت تجارب أجريت مؤخرا أن بعض فاقدي البصر يستطيعون ضبط ساعاتهم على مدى 24 ساعة تقريبا، و تتضيق حدقاتهم استجابةً للضوء.

وأحد التفسيرات الممكنة لهذا التناقض الظاهري هو أن مستقبلات الضوء اللازمة للرؤية غير مسؤولة عن تنظيم توقيت النشاط اليومي، وإنما تقوم بهذه المهمة مستقبلات أخرى. وبقيت فكرة وجود مستقبلات ضوئية غير العصي والمخاريط في الشبكية تبدو فكرة غير معقولة حتى وقت قريب: فقد درست الشبكية دراسة أكثر تفصيلا من أغلب نسج الجسم، وكان من المعروف أن المستقبلات الضوئية الوحيدة الموجودة في عيون الثدييات هي الثنائي المعتاد: العصي والمخاريط.

ولكن هناك حاليا أدلة مقنعة تشير إلى أن عيون الثدييات، بما فيها البشر، توجد فيها مستقبلات ضوئية متخصصة لا تشارك في تشكيل الصورة. وتختلف الجزيئات الكاشفة للضوء في هذه الخلايا عن تلك الموجودة في العصي والمخاريط، وتتصل هذه الخلايا بأجزاء مختلفة من الدماغ. وهكذا، مثلما أن آذاننا تعطينا حس التوازن إضافة إلى السمع، فإن عيوننا أيضا عبارة عن عضوين مدموجين في عضو واحد.

قد يؤدي هذا الاكتشاف إلى إمكانية مساعدة الناس

(*) THE HIDDEN ORGAN IN OUR EYES
(1) rods and cones
(2) ضبط التوافق الزمني.

باختصار

بعض الحيوانات تستشعر الضوء بأعضاء خارج عينيها، لكن البشر لا يستطيعون ذلك. ومع ذلك، يستطيع بعض فاقدي البصر ضبط أجسامهم مع دورة الليل والنهار.

وفي السنوات الأخيرة تم ربط هذه الاستجابات اللابصرية للضوء بعصبونات متخصصة في الشبكية تستطيع كشف الضوء بصورة مستقلة، ولكنها أيضا تنقل الإشارات من **العصي والمخاريط**[1]. وتستجيب هذه العصبونات للضوء الأزرق، ويحتمل أن تكون بقايا لأعضاء قديمة تطوريا من ماضينا اللافقاري.

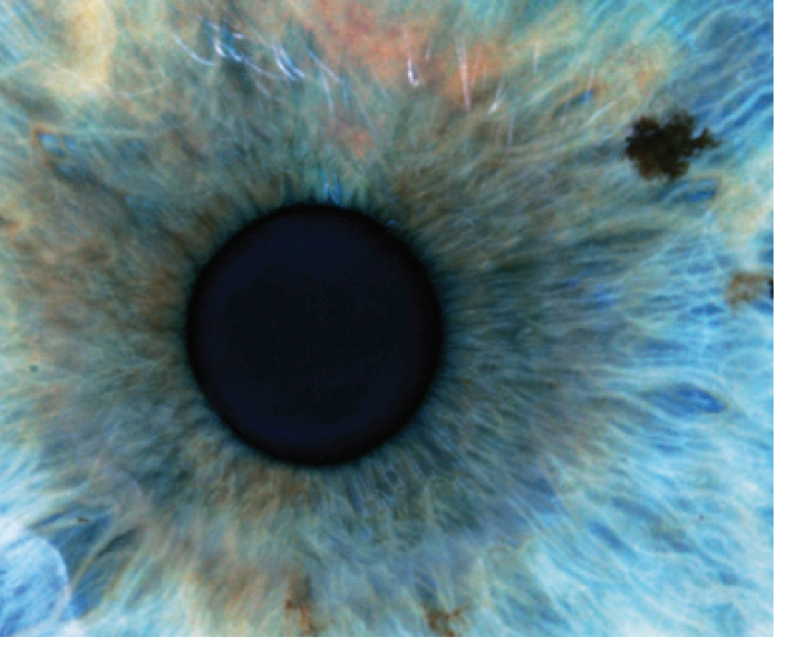
ويمكن أن يؤدي هذا الاكتشاف إلى مقاربات جديدة لعلاج الاضطراب العاطفي الموسمي وبعض اضطرابات النوم وحالات موهنة أخرى.

الذين لديهم مشكلات على ضبط ساعتهم البيولوجية. يمثل **جيتلاك**[(1)] jet lag واحدة من الظواهر الأوضح لاضطراب المزامنة اليومية، أي فقدان التزامن بين دورة الليل والنهار وبين ساعتنا الداخلية. ويعتقد أن العمل في مناوبات ليلية، وهو شكلٌ مفروض ذاتيا لهذه الحالة، يمكن أن يزيد أخطار الأمراض القلبية الوعائية واضطرابات الجهاز الهضمي والسرطان و**المتلازمة الاستقلابية**[(2)]، وهي حالة يمكن أن تؤدي في النهاية إلى داء السكري من النمط 2 والسكتة الدماغية. وقد حدث بعض أشهر الكوارث الصناعية في التاريخ خلال المناوبات الليلية عندما يضطرب تيقظ العاملين، مثل ارتطام ناقلة البترول *Exxon Valdez* بالقاع في المياه الضحلة سنة 1989 والانفجار في مصنع يونيون كاربايد (الذي تمتلكه حاليا شركة داو الكيميائية) سنة 1984 في بوپال بالهند والانصهار الذي كاد يؤدي إلى كارثة نووية في مفاعل ثري مايل آيلاند سنة 1979. عدا ذلك، يعاني ملايين الناس الذين يقطنون في المنطقتين القطبيتين الشمالية والجنوبية اضطرابا انفعاليا موسميا، وهو في الغالب شكل من أشكال الاكتئاب الشديد، ويبدو أنه أيضا استجابة لنقص الضوء خلال أيام الشتاء القصيرة. إن تحسّن فهمنا لكيفية تحكّم النوع الثالث من أنواع مستقبلات الضوء في الإيقاعات اليومية والانفعالات يقترح أساليب تقليل التأثيرات السلبية للجيتلاك والعمل في المناوبات الليلية وليالي الشتاء الطويلة.

حساسية للضوء لكنها أُغفلت(*)

يعلم البيولوجيون منذ زمن بعيد بوجود **متعضيات (كائنات حية)** organisms لها أعضاء تكشف الضوء لأغراض غير تشكيل الصورة؛ إذ يمكن أن يعطي التغير في الإضاءة إشارة إلى الحيوان بأنه أصبح مكشوفا، ومن ثم أصبح أكثر تعرضا للكائنات المفترسة أو الأذى من الإشعاع فوق البنفسجي. وعند كثير من الحيوانات تطورت استجابات تكيّفية مثل التمويه الفاعل أو تجنب الضوء لتقليل عواقب الانكشاف. ومع أن مثل هذه الاستجابات تتطلب نظاما ما للإحساس بالضوء، إلا أنها لا تتطلب وجود البصر بحد ذاته. فمثلا، في سنة 1911 اكتشف عالم الحيوان النمساوي <K. فون فريش> [الذي فاز لاحقا بجائزة نوبل] أن سمكة **المنوة الأوروبية** European minnow العمياء يتحول لونها إلى الغامق إذا تعرضت للضوء، ولكن الإضرار بقاعدة الدماغ لديها قد أدى إلى إلغاء هذه الاستجابة، مما قاد <فون فريش> إلى اقتراح وجود مستقبلات ضوء لابصرية في عمق الدماغ.

ومثل هذه الخلايا الحساسة للضوء توجد عند كثير



من الأنواع الحيوانية؛ فعلى سبيل المثال، يستطيع **عصفور الدوري** sparrow ضبط ساعته على مدى 24 ساعة تقريبا حتى ولو استؤصلت عيناه، وذلك حسبما أثبته <M. ميناكر> في بداية سبعينات القرن العشرين، حين كان يعمل في جامعة تكساس. وبينت تجارب لاحقة أن هذه العصافير لديها خلايا حساسة للضوء في أدمغتها، وتبين أن كمية غير متوقعة من الضوء تخترق ريش العصفور وجلده وجمجمته وتؤدي إلى تفعيل هذه الخلايا.

إن احتمال وجود مستقبلات ضوء غير مرتبطة بالرؤية - عند بعض الثدييات على الأقل - قد لفت انتباه البيولوجيين أول مرة عندما أبلغ <كيلر> عن تجاربه في عشرينات القرن العشرين على الفئران التي كان يستولدها. وبما أن تشريح شبكية الثدييات كان معروفا جيدا، كان الافتراض أن العضو المجهول الذي يشعر بالضوء يقع في موضع غير العينين. ولكن بحلول بداية ثمانينات القرن العشرين أدت دراسات <R. J. نلسون> و<I. زوكر> [وكلاهما كان يعمل حينها في جامعة كاليفورنيا ببيركلي] والتي أجروها على قوارض استؤصلت عيونها، أدت إلى التشكيك في صحة هذه الفرضية: لم تكن هذه الحيوانات قادرة على ضبط إيقاعاتها على مدى 24 ساعة تقريبا وفق دورة الليل والنهار، وهذا يشير إلى أن المستقبلات الحساسة للضوء تتموضع في العين.

وقد بدأ <ميناكر> [الذي انتقل إلى جامعة أوريگون] باستقصاء ما إذا كان لعين الفأر دور في الاستجابات الحساسة للضوء التي لا تتطلب تشكل الصورة، وقام مع طالبَيْ الدراسات العليا <J. تاكاهاشي> و<D. هدسن>

(*) LIGHT-SENSING BUT OVERLOOKED

(1) jet lag : اضطراب الساعة الداخلية.

(2) metabolic syndrome



المؤلف

Ignacio Provencio

*<بروڤنسيو> مدرس البيولوجيا في جامعة ڤيرجينيا التي حصل منها على الدكتوراه. تطور اهتمامه بالعلوم العصبية: فقد درس **اليراع** fireflies والصراصير و**جراد البحر** crayfish عندما كان طالبا عند <جون كوپلاند> في كلية سوارثمور.*

بدراسة الفئران التي لديها طفرة أدت إلى فقدان عصي ومخاريط وظيفية لديها، باستثناء بضعة مخاريط متدنية الفعالية، وقد فوجئ الباحثون بأن هذه الفئران كانت قادرة على قصر نشاطها على ساعات الليل وتبقى خاملة نسبيا خلال ساعات النهار، مثلها مثل الفئران الكاملة الإبصار.

أحد التفسيرات المحتملة لهذا السلوك هو أن المخاريط القليلة الضعيفة الباقية كانت قادرة على المحافظة على الاستجابات اللابصرية للضوء. ولكن في سنة 1999 استعمل فريق بقيادة <R. فوستر> [الذي كان يعمل حينها في الكلية الإمبراطورية بلندن] فئرانا لديها طفرة تحرمها من نمو العصي والمخاريط تماما، فأثبتوا أن هذه الخلايا لم تكن ضرورية لحدوث استجابات لابصرية للضوء، فلم يبق إلا تفسير واحد لهذه الاكتشافات: يجب أن تكون في العين مستقبلات الضوء لم تكتشف بعد.

كان هذا الاقتراح ضربا من البدعة، فخلايا الشبكية المسؤولة عن تشكيل الصورة معروفة منذ منتصف القرن التاسع عشر، وبدت فكرة وجود خلايا أخرى حساسة للضوء في الشبكية غير معقولة.

دعم بدعة[*]

إلا أن الأبحاث التي أجريتها مع <M. رولاگ> في منتصف تسعينات القرن العشرين في جامعة الخدمات الموحدة للعلوم الصحية ساعدت في النهاية على إثبات أن <فوستر> كان على حق. كان <رولاگ> مهتما بشكل آخر من استقبال الضوء اللابصري، وهو **تمويه**[1] البرمائيات. تكتسب الخلايا الصبغية في ذيول الشراغيف لونا غامقا عندما تتعرض للضوء، وهي استجابة تكيفية تساعد على إخفاء هذا الحيوان عندما ينكشف. تحافظ هذه الخلايا المسماة «حاملات الميلانين الجلدية» على استجابتها حتى ولو استؤصلت من الحيوان واستُنبِتت في طبق. لقد اكتشفت مع <رولاگ> بروتينا جديدا في الخلايا المستنبتة يشبه في تركيبه شبها عظيما صنفا من الأصبغة البروتينية التي تسمى **الأوپسينات** opsins، والتي تسمح للعصي والمخاريط بالإحساس الضوء، وسمينا البروتين الجديد **ميلانوپسين** melanopsin.

إن التشابه بين الأوپسينات المعروفة كان يرجِّح بشدة أن الميلانوپسين هو الجزيء المسؤول عن إطلاق استجابة القتامة. تساءلنا ما إذا كان الميلانوپسين يؤدي دورا في الخلايا الأخرى الحساسة للضوء فبحثنا عنه في نسج الضفدع الأخرى المعروف عنها أنها حساسة للضوء مباشرة، مثل باحات معينة من الدماغ والقزحية وشبكية العين، فتبين أن العصي والمخاريط لم يوجد فيها هذا البروتين الجديد الحساس للضوء. ولكننا فوجئنا باكتشافه في عصبونات الشبكية التي تسمى **بالخلايا العقدية للشبكية** retinal ganglion cells والتي لم يكن يُعتقَد سابقا أنها حساسة للضوء.

تتصف شبكية الفقاريات ببنية رائعة ثلاثية الطبقات. والطبقة الأعمق منها تحوي العصي والمخاريط، فيضطر الضوء إلى اختراق الطبقتين الأخريين قبل أن يصل إلى الخلايا المسؤولة عن كشف الضوء من أجل الإبصار [*انظر الإطار في الصفحة المقابلة*]. وبعد ذلك تنتقل المعلومات من العصي والمخاريط إلى الطبقة الوسطى حيث تعالجها عدة أصناف مختلفة من الخلايا، وأخيرا توصل هذه الخلايا الإشارة المعالجة إلى الطبقة السطحية التي تتألف بالدرجة الأولى من الخلايا العقدية. ومن هذه الخلايا تمتد محاور طويلة تنقل الإشارة عبر العصب البصري إلى الدماغ.

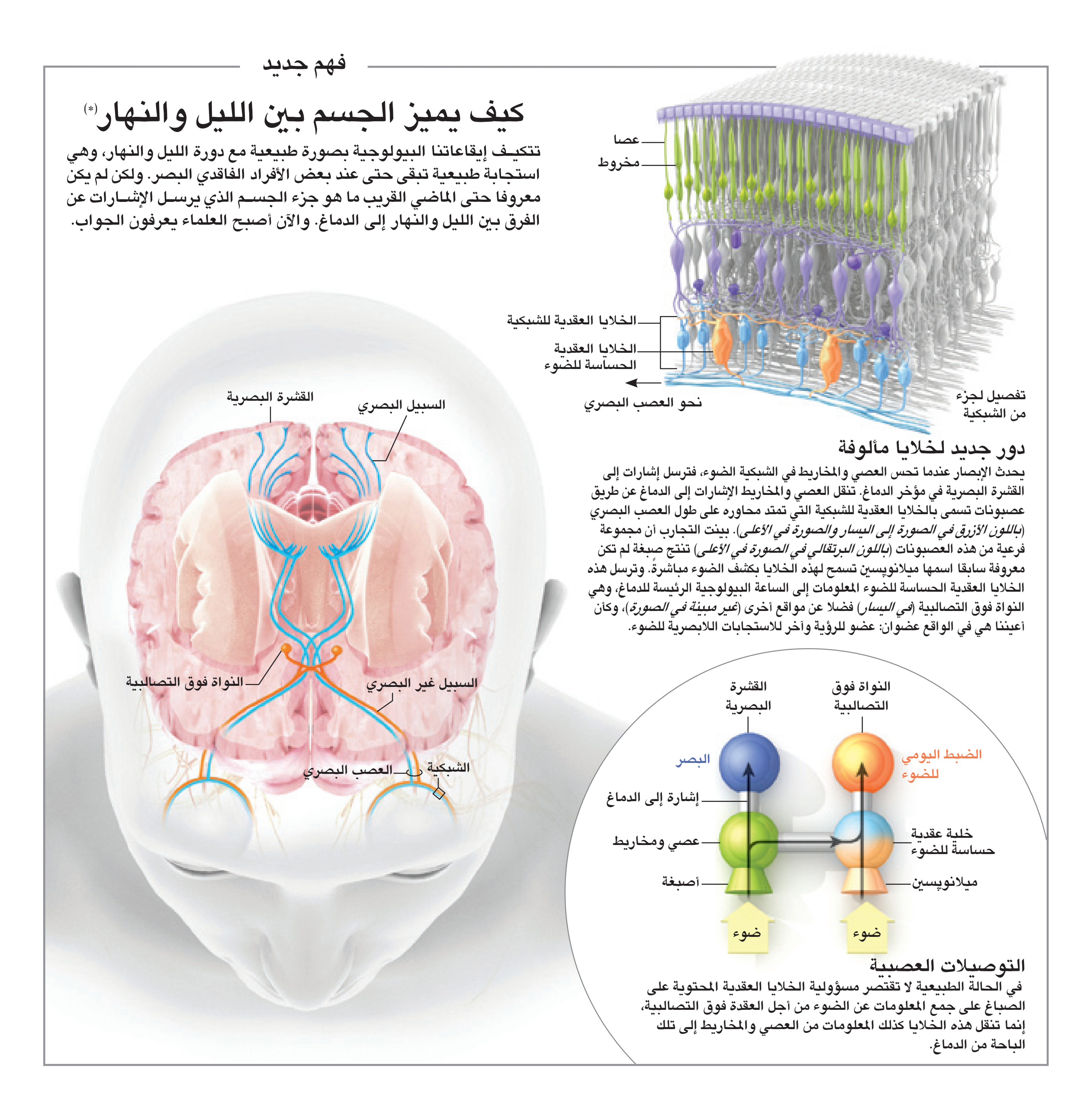
في عام 2000 وجدت مع زملائي أول إشارة إلى أن جزءا ضئيلا من هذه الخلايا العقدية حساس للضوء مباشرة. واكتشفنا حينها أن 2% من الخلايا العقدية للشبكية عند الفئران تحوي الميلانوپسين، وأن نسبة ضئيلة منها عند البشر تحتوي عليه أيضا. وفي سنة 2002 تأكد رأينا من خلال التجارب التي أجراها <D. بيرسون> وزملاؤه [في جامعة براون]. لقد قام <بيرسون> وزملاؤه بتعطيل العصي والمخاريط وملؤوا الخلايا العقدية المحتوية على الميلانوپسين بصبغة. بعد ذلك أزالوا الشبكيات من عيون الفئران وبينوا أن الخلايا العصبية المصبوغة تطلق إشارات لدى تعرضها للضوء. وبما أن العصي والمخاريط كانت معطلة، كانت استجابة هذه الخلايا تعني أن هذه الخلايا العقدية بالذات تستطيع كشف الضوء بنفسها، فضلا عن نقل الإشارة من العصي والمخاريط.

تلقت هذه الفرضية دعما من بينات حصلت عليها مجموعات

(*) PROMOTING HERESY
(١) camouflage

كيف يميز الجسم بين الليل والنهار(*)

تتكيف إيقاعاتنا البيولوجية بصورة طبيعية مع دورة الليل والنهار، وهي استجابة طبيعية تبقى حتى عند بعض الأفراد الفاقدي البصر. ولكن لم يكن معروفا حتى الماضي القريب ما هو جزء الجسم الذي يرسل الإشارات عن الفرق بين الليل والنهار إلى الدماغ. والآن أصبح العلماء يعرفون الجواب.



دور جديد لخلايا مألوفة

يحدث الإبصار عندما تحس العصي والمخاريط في الشبكية الضوء، فترسل إشارات إلى القشرة البصرية في مؤخر الدماغ. تنقل العصي والمخاريط الإشارات إلى الدماغ عن طريق عصبونات تسمى بالخلايا العقدية للشبكية التي تمتد محاوره على طول العصب البصري *(باللون الأزرق في الصورة إلى اليسار والصورة في الأعلى)*. بينت التجارب أن مجموعة فرعية من هذه العصبونات *(باللون البرتقالي في الصورة في الأعلى)* تنتج صبغة لم تكن معروفة سابقا اسمها ميلانوبسين تسمح لهذه الخلايا بكشف الضوء مباشرةً. وترسل هذه الخلايا العقدية الحساسة للضوء المعلومات إلى الساعة البيولوجية الرئيسة للدماغ، وهي النواة فوق التصالبية *(في اليسار)* فضلا عن مواقع أخرى *(غير مبينة في الصورة)*، وكأن أعيننا هي في الواقع عضوان: عضو للرؤية وآخر للاستجابات اللابصرية للضوء.

التوصيلات العصبية

في الحالة الطبيعية لا تقتصر مسؤولية الخلايا العقدية المحتوية على الصباغ على جمع المعلومات عن الضوء من أجل العقدة فوق التصالبية، إنما تنقل هذه الخلايا كذلك المعلومات من العصي والمخاريط إلى تلك الباحة من الدماغ.

بحثية أُخرى في سنة 2002؛ فقد بيّن ‹سامر حتّار› [وزملاؤه من جامعة جونز هوپكنز] أن بعض المحاور من شبكية الفأر يتصل **بالنواة فوق التصالبية** suprachiasmatic nucleus، وهي باحة الدماغ التي تنظّم الساعة الداخلية للجسم، بينما بعضها الآخر يتصل بباحة الدماغ التي تتحكم في تضيُّق الحدقتين. والخلايا العقدية التي تتصل بهاتين الباحتين هي بالضبط تلك التي تحوي الميلانوپسين. أشارت هذه الاكتشافات جميعها إلى الحل نفسه للغزنا: تمكّن الخلايا العقدية الحساسة للضوء الفئران التي ليس لديها عصي ومخاريط وظيفية من تضييق حدقاتها والمحافظة على تزامن أجسامها مع دورة الضوء والظلام، إلا أن الفئران التي لا عيون لها، ومن ثمّ ليس لها شبكية، تفقد هذه القدرة.

بقي اختبار إضافي من أجل إغلاق القضية. فكرت مع زملائي في أننا لو استولدنا فئرانا طبيعية باستثناء غياب الميلانوپسين لديها فإن هذه الفئران التي لا تستطيع إنتاج هذا الصباغ لن تكون لديها استجابات لابصرية للضوء. أكدت نتائجنا المقولة المفضلة في مختبرنا: «العلم سيد قاسٍ»، فعندما

(*) How the Body Knows Day from Night

البيانات التجريبية

اكتشاف الحياة المزدوجة للعين(*)

لكي يفهم الباحثون كيف تضبط الثدييات إيقاعاتها اليومية لدورة الليل والنهار، اضطروا إلى العمل لعشرات السنين من أجل حل ما يشبه لغزا بوليسيا تجريبيا وهم يختبرون ماذا يحدث في حال تعطيل مختلف أجزاء العين. بعد فترة وجدوا أن العصي والمخاريط لم تكن ضرورية، ولكن يجب أن يوجد شيء آخر في العين (اللوحتان الثانية والثالثة). وعندما اكتُشف الميلانوبسين في مجموعة فرعية من الخلايا العقدية للشبكية وتبين أنه حساس للضوء، اعتُقد أن هذه الصبغة هي مفتاح اللغز، ولكن ثبت لاحقا أنها ليست أساسية (اللوحة الرابعة). وبينت التجارب اللاحقة (اللوحات الأخيرة) أن هذه المجموعة الفرعية من الخلايا العقدية ضرورية، ولكن المنظومة تتصف ببعض الإمكانات المزيدة، ففي حال فقدان الميلانوبسين من الخلايا العقدية التي تحتوي عليه عادةً، ستبقى الإيقاعات اليومية ما دامت العصي والمخاريط تعمل. أما إذا كانت العصي والمخاريط لا تعمل، فيستطيع الميلانوبسين في الخلايا العقدية أن يؤمِّن الإشارات المطلوبة.



اعتقدنا أننا أوشكنا أن نمسك بالحل لهذا اللغز: صُعقنا حين وجدنا أن الفئران التي ليس لديها ميلانوبسين لا تجد صعوبة في ضبط ساعاتها على مدى 24 ساعة تقريبا.

العائق الأخير(**)

ولكي نفسر هذه النكسة درسنا احتمال أن هناك مستقبلة ضوئية لابصرية أخرى تختبئ في الشبكية. ولكن هذه الفرضية بدت غير مرجحة لعدد من الأسباب، أهمها أن **السَّلسَلة الكاملة لجينوم** complete genome sequencing الفأر التي استكملت في الحقبة نفسها التي أتممنا فيها دراساتنا على الفئران **المحذوفة الجين** knockout لم تكتشف في **الجينوم** genome أيَّ جينات أخرى واضحة **للأصبغة الضوئية** photopigment.

كانت الفرضية الثانية أن العصي والمخاريط والخلايا العقدية الحساسة للضوء تعمل سويةً للتحكم في الاستجابات اللابصرية للضوء. وقد اختبرنا هذا الاحتمال الأخير من خلال هندسة فئران ليس لها عصي أو مخاريط أو ميلانوبسين. ولم تُظهر هذه المسوخ أي استجابات للضوء، سواء بصرية أو لا بصرية، وكان سلوكها مماثلا للفئران التي أزيلت عيونها جراحيا. وأخيرا استطعنا أن نستنتج أن العصي والمخاريط والخلايا العقدية المحتوية على الميلانوبسين تعمل سوية على إيصال المعلومات اللابصرية عن الضوء إلى الدماغ.

في الواقع، تظهر بينات أن الخلايا العقدية الحساسة للضوء تعمل أيضا كسبيل لنقل المعلومات اللابصرية عن

(*) Uncovering the Eyes' Double Life

(**) ONE LAST HURDLE

الضـوء من العصـبي والمخاريط إلـى الدمـاغ، مثلما تنقل الخلايا العقدية الأخرى في الشبكية المعلومات البصرية إلى المسـاحات البصرية للدماغ. وفي سـنة 2008 ابتكرت ثلاث مجموعـات بحثية مختلفة، بما فيهـا مجموعتنا، طريقة لقتل الخلايا العقدية الحساسـة للضوء عنـد الفئران دون التأثير فـي باقي خلايا الفأر. وعلى الرغم مـن أن الفئران حافظت على حاسـة البصر، إلا أنه صارت تميل إلى الخلط بين الليل والنهـار، وكذلك اضطرب تضيق الحدقة عندها [*انظر الإطار في الصفحـة المقابلة*]. بعبارة أخرى، هـذه الخلايا العقدية المتخصصـة ضروريـة لإحـداث الاسـتجابات اللابصرية للضوء، ولكن المنظومـة ككل تتمتع ببعض التكرار الداخلي: تستطيع هذه الخلايا أن تكشـف الضوء بصورة مستقلة أو تنقل المعلومات من العصبي والمخاريط أو كلا الأمرين معا.

وهكـذا انحلّ اللغز أخيرا على الأقل فيما يتعلق بالفئران. ولكن ظهرت أدلة تشير إلى أن آلية فيزيولوجية مماثلة قد تكون موجودة عند البشـر أيضا. وفي سـنة 2007 نشر «فوستر» وزملاؤه دراسـة عن مريضين كفيفين لـم يكن لديهما عصي ومخاريط وظيفية، أي المكافئ البشري لفئران «كيلر»، واللذين كانا مع ذلك قادرين على ضبط الإيقاعات اليومية عند التعرض الدوري للضـوء الأزرق، وكانت أطوال موجات الضوء الأزرق التي تعطي الاستجابة المثلى لديهما تقع ضمن في المجال نفسه الذي يكشفه الميلانوبسين، والذي تم قياسه من خلال دراسات قامت بها مجموعتي البحثية بالتعاون مع مجموعة «بيرسون»، وفيها أجبرنا سـلالات من الخلايا غير الحساسة للضوء في الحالة الطبيعية على إنتاج الميلانوبسـين، فبدأت هذه الخلايا تستجيب للضوء بإرسال استجابة للضوء الأزرق.

وثمة مفاجأة شيقة أخرى، فقد وجدنا أن الميلانوبسين عند تعرضه للضوء يطلق شلالا من الإشارات الكيميائية داخل هذه الخلايا، وهذه التفاعلات تشبه أكثر ما يحدث في مستقبلات الضوء عند الذباب والأخطبوط مما يحدث في العصي والمخاريط عنـد الثدييات. ولم يكن هذا مفاجئا بالكامل أننا أدركنا قبلها بعدة سنوات أن متتالية جين الميلانوبسين تشبه أكثر متتاليات جينات الأصبغة الحساسة للضوء عند اللافقاريات منها عند الفقاريـات. ومن ثم، يبدو أن الميلانوبسـين عند الثدييات هو صبغة حساسة بالضوء يتبع منظومة لا بصرية بدائية – كانت مجهولة من قبل – لاستقبال الضوء موجودة في الشبكية جنبا إلى جنب مع أختها المتطورة، أي المنظومة البصرية.

وفضـلا عن الفضول العلمي البحث قد يكون لاكتشـاف هذا العضو الخفي الجديد مقتضيات طبية أيضا لأنه يشـير إلى العلاقة بين صحة العين والصحة النفسـية، والتي لم تلق التقدير الكافي. وتشـير الدراسـات إلى أن التعرض للضوء الأزرق يمكن أن يزيد الوعـي ويعكس الجيتلاك أو الحرمان من النـوم، وأن يلطف الاضطراب العاطفي الموسـمي، وهو مشكلة شـائعة في المنطقتين القطبيتين تسبب اكتئابا مضنيا وقد يدفـع إلى الانتحار. ويبدو مـن الطبيعي أن نفترض أن العلاج بالضوء فعال لأنه يستهدف الخلايا العقدية الحساسة للضوء. وبينت دراسـات أخـرى أن الأطفال الفاقدي البصر الذين يعانون أمراضا تؤثر في الخلايا العقدية في الشبكية مثل **الـزرق** glaucoma معرضين لمعدل أعلى للإصابة باضطرابات النوم مقارنةً بالأطفال الذين يعود العمى عندهم إلى أسـباب أخرى. إذن، يمكن أن يؤدي استهداف صحة الخلايا العقدية الحساسـة للضوء إلى صنف جديد من العلاجات للعديد من الحالات المتنوعة. ■

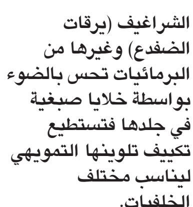
معرض صور

تشعر بالضوء ولا ترى(*)

تضبـط أغلب الكائنـات إيقاعاتها البيولوجية من خلال الإحسـاس بضوء النهـار والظـلام. وتكشـف بعـض الحيوانات الضـوء باسـتخدام أعضاء متخصصة لا بصرية حساسـة للضوء، وتسـتخدم هذه الأعضاء في بعض الحالات من أجل استجابات لا بصرية أخرى للضوء أيضا كتلك التي تساعد الحيـوان على الاختباء. ومع أن المستقبلات اللابصرية عند الثدييات تقع في العينين، إلا أنها تتموضع عند بعض الحيوانات في مواضع أخرى.







الشراغيف (يرقات الضفدع) وغيرها من البرمائيات تحس بالضوء بواسطة خلايا صبغية في جلدها فتستطيع تكييف تلوينها التمويهي ليناسب مختلف الخلفيات.

يستطيع عصفور الدوري ضبط إيقاعاته اليومية حتى ولو أزيلت عيناه. وتستطيع خلايا متخصصة في دماغه أن تستشعر الضوء النافذ عبر الريش والجلد والعظم.

الفئران كانت الثدييات الأولى التي اكتُشف أنها تضبط إيقاعاتها اليومية حتى ولو كانت عمياء، كما قد تحافظ على استجابة تضيق الحدقة وتوسعها.

(*) Feeling Light, Not Seeing

مراجع للاستزادة

Melanopsin: An Opsin in Melanophores, Brain, and Eye. Ignacio Provencio, Guisen Jiang, Willem J. De Grip, William Pär Hayes and Mark D. Rollag in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 95, No. 1, pages 340–345; January 6, 1998.

Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock. David M. Berson, Felice A. Dunn and Motoharu Takao in *Science*, Vol. 295, pages 1070–1073; February 8, 2002.

Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells. Michael Tri Hoang Do and King-Wai Yau in *Physiological Reviews*, Vol. 90, No. 4, pages 1547–1581; October 2010.

An online guide to the retina: **webvision.med.utah.edu**

Scientific American, May 2011



المجلد 27 العددان 10/9
سبتمبر/ أكتوبر 2011

Majallat AlOloom

حلُّ معضلة تمييز الحواسيب لأحاديث متزامنة(*)

تعاني الحواسيب صعوبات جمّة في فهم الكلمات عندما يتحدث الناس في الوقت ذاته. ولكن هذا الحال على وشك التغيّر.

<G. P. كولينز>



تخيّل أن أحدهم يسرد عليك قصة مملّة في حفل، بينما تجذب اهتمامك إلى حدّ أبعد بكثير قصة يرويها بجوارك أحد الحضور لصديقته؛ فتحوّل انتباهك من قصة مُحدّثك لتركّز على القصة المجاورة. وفي هذا الفعل البسيط ما تستحق عليه التهنئة، فقد بيّنت قدرة الإنسان على حل «معضلة تمييز الحواسيب لأحاديث متزامنة» - التي تتمثل بمتابعة خيط واحد من الحديث ضمن اللغط الذي ينشأ عندما يتخاطب اثنان أو أكثر في الوقت ذاته. وهو إنجاز ما زالت الحواسيب عاجزة عنه.

فمع أن تعرف الكلام آليا يكاد يصبح عملا روتينيّا، إلا أنه يفشل عندما يتطلب الأمر تعرف كلام يصدر عن اثنين يتكلمان في الوقت ذاته. ولن تقتصر فوائد تطوير برمجيات تسمح بالفصل الآلي للكلام على تحسين أداء منظومات تعرّف الكلام وحسب، بل ستتعدى ذلك للخروج بتقنيات جديدة لفصل الإشارات المتزامنة في حالات أخرى، فتسمح مثلا بتفسير الصور التي يتم الحصول عليها في عملية مسح الدماغ.

وعلى الرغم من أن المشكلة المطروحة هي في غاية الصعوبة إلا أن علماء الحاسوب قد حققوا في حلها تقدما مثيرا للاهتمام خلال السنوات القليلة الماضية. وقد أحرزت إحدى مجموعات البحث نجاحا فريدا في مجال الفهم الآليّ قد يتجاوز قدرات البشر في هذا المضمار.

باختصار

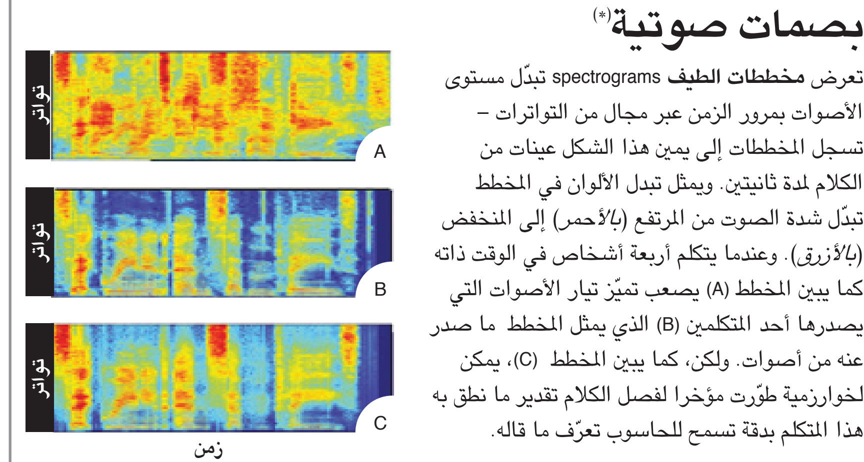
حتى الآن لم تتمكن الحواسيب من حل «معضلة تمييز الحواسيب لأحاديث متزامنة» - أي في فهم الكلام عندما يتحدث اثنان أو أكثر في الوقت ذاته. ومع ذلك، فقد أحرز عدد من مجموعات البحث تقدما ملموسا باستخدام أساليب متباينة. ويصف بالتفصيل برنامج متعدد الوسائط multimedia - يمكن الرجوع إليه في الموقع /www.ScientificAmerican.com apr2011/speech - الأسس المنطقية التي تستند إليها إحدى المقاربات الرائدة في هذا المجال. كما سيتيح هذا الموقع لزائره فرصة لاختبار قدراته على تمييز مضمون أحاديث متزامنة.

(*) SOLVING THE COCKTAIL PARTY PROBLEM: «حل معضلة حفل الكوكتيل» أو: حل معضلة التمييز الآلي لأحاديث متزامنة.

صوت متخيل

بصمات صوتية(*)

تعرض **مخططات الطيف** spectrograms تبدّل مستوى الأصوات بمرور الزمن عبر مجال من التواترات – تسجل المخططات إلى يمين هذا الشكل عينات من الكلام لمدة ثانيتين. ويمثل تبدل الألوان في المخطط تبدّل شدة الصوت من المرتفع (*بالأحمر*) إلى المنخفض (*بالأزرق*). وعندما يتكلم أربعة أشخاص في الوقت ذاته كما يبين المخطط (A) يصعب تميّز تيار الأصوات التي يصدرها أحد المتكلمين (B) الذي يمثل المخطط ما صدر عنه من أصوات. ولكن، كما يبين المخطط (C)، يمكن لخوارزمية طوّرت مؤخرا لفصل الكلام تقدير ما نطق به هذا المتكلم بدقة تسمح للحاسوب تعرّف ما قاله.



المؤلف



Graham P. Collins

<كولينز> حصل على الدكتوراه في الفيزياء من جامعة ستوني بروكس وهو محرر مساهم في مجلة ساينتفيك أمريكان.



لِمَ هذه الصعوبة؟(**)

إن الفصل بين تيارين متباينين من الكلمات يشكل تحديا يفوق بكثير ما يطرحه فهم كلام متحدث واحد، وذلك بسبب العدد الفلكي من التراكيب الصوتية الممكنة ضمن تياري الحديث. إن التطبيق القسريّ للتقنيات المألوفة في فهم كلام متحدث واحد من أجل تحري الطرق المختلفة التي يمكن بموجبها تركيب سيل الكلمات الناجمة عن عدد من المتكلمين – بحيث ينجم عن ذلك حديث متكامل لكل منهم – يستهلك الكثير من الوقت. لذا لا بدّ **للخوارزمية** algorithm المستخدمة لفصل وتعرف الكلام من استثمار الخصائص الضمنية للأصوات في كلٍّ من تيارات الكلام المتزامنة.

فالصوت الصادر عن متحدث واحد أو عدة متحدثين يتضمن طيفا من التواترات تتغير شدة كل منها خلال أزمنة بمقياس **الميليثانية** millisecond. ويمكن تتبع تغير تواترات الموجات الصوتية التي يُحدثها المتكلم باستخدام **راسم الطيف (أو المطياف)** spectrograph. ومن المعروف أن المنظومات المألوفة لتعرّف الكلام تحلل بيانات متحدث واحد على مستوى الفونيمات؛ أي باعتبار الوحدات الصوتية التي تتكون منها كل كلمة؛ فكلمة «بيت» مثلا مكونة من الوحدات الصوتية: بَ – يْ – تْ، حيث تُحدث كلّ واحدة منها نمطا متغيرا يمكن تعرفه في **مخطط الطيف** spectrogram.

وتؤدي النماذج الإحصائية دورا رئيسيا في جميع أساليب تعرّف الكلام فبواسطتها يُحدّد احتمال أن يتبع صوت مثلا، "oh" صوت "n". وهكذا فإن محرك تعرف الكلام يستخدم النماذج الإحصائية ليبحث عن متتالية الفونيمات الأكثر احتمالا ويسعى إلى بناء كلماتٍ متكاملة، ومن ثم يجمعها في جمل معقولة.

ولكن عندما يتكلّم اثنان في وقت واحد فإن عدد الاحتمالات الممكنة يبلغ حدودا كبيرة للغاية. إذ يمكن لطيف التواتر في كلِّ لحظة أن ينجم عن أي من الفونيمين حسبما ينطقهما المتحدثان في كلمة ما. ويزيد كل متحدث إضافيّ تعقيد العملية بصورة **أُسّيّة** exponential.

(*) Voice Prints

(**) WHY SO DIFFICULT?

أفكار واعدة(*)

ولكن، لحسن الحظ، فإن أصوات الكلام تختلف بصورة أو بأخرى باختلاف المتحدث. ويمكن بالعودة إلى المخطط الطيفيّ تبيّن عدد من مناطق الطيف يتميّز ضمنها الصوت الناجم عن أحد المتحدثين بارتفاع نبرته عن صوت المتحدث الآخر. وهكذا يتسنى لبرامج تعرّف الكلام المألوفة أن تعثر من أجل كل من هذه المناطق على فونيمات محتملة تقابل ما نطق به المتحدث المسيطر، ذو النبرة الأعلى، مما يُبسّط كثيرا عملية البحث عن الفونيمات المتممة. وقد استخدم علماء الحاسوب هذه الخاصية، وهي اصطلاحا تدعى **نحولاً** sparseness في تحليل الأطياف الناجمة عن أصوات الكلام المنطوق، مما مكنهم من إحراز تقدم كبير يتمثل بالعثور على «أقصر الطرق» ضمن غابة التراكيب التي يواجهها فصل كلام متحدثين أو أكثر. وفي سعيهم هذا اتبع الباحثون مقاربتين رئيسيتين.

تعمل إحداهما من الأسفل إلى الأعلى في تفحص الملامح الأساسية في المخطط الطيفيّ لتحديد المناطق الخاصة بأحد المتكلمين. فمن المحتمل، على سبيل المثال، أن يَدلّ صدور صوت مفاجئ في اللحظة ذاتها عند تواترين مختلفين على واحد دون غيره من المتكلمين.

وتبحث هذه المقاربة أيضا عن مقاطع في المخطط الطيفي لا يكون فيها أيّ من المتحدثين مسيطرا. ومن ثم تضع الخوارزميات التي تستخدمها هذه المقاربة المقاطع المُلتبسة جانبا وتحاول البحث عن متتاليات من الفونيمات تتماشى مع المقاطع السليمة. وقد أحرز فريق من الباحثين في جامعة شفيلد بإنكلترا نتائج جيدة باستخدام مثل هذه الأساليب. إذ يذكر تقرير نشر عام 2010 أن هذا الفريق حلّ في المرتبة الثالثة من حيث الدقة الإجمالية في مقارنة لأداء عشر خوارزميات متباينة عالجتْ مجموعة معيارية من عينات الكلام المتزامن.

إلا أن معظم فرق البحث التي تعمل في مضمار تعرف الكلام تتبنى مقاربة **تعتمد على النموذج** model-based، تتجه من القمة إلى القاعدة. فتبحث الخوارزميات التي تستخدم في هذه المقاربة عن متتاليات من فونيمات مقبولة إفراديا، كما أن دمجها يحدث الصوت الكلي. وبما أن اعتبار كلٍ من التراكيب الممكنة للفونيمات المتزامنة هي أسلوب ذو كفاءة متدنية للغاية، تلجأ الأساليب المستخدمة إلى تبسيط عملية تعرّف الكلام باللجوء إلى تقريبات لا تنتقص من دقة هذه العملية.

والمثال على ذلك ما سعى إليه <T. ڤيرتانن> [من جامعة تامبير للتقانة في فلندا] لتبسيط عملية البحث عن فونيمات مقبولة؛ إذ تركّز الخوارزمية التي طوّرها بالتناوب على واحد ثم الآخر من المتحدثين. ويستند الأسلوب الذي يتبعه <ڤيرتانن> أساسا إلى أفضل تقدير راهنٍ للكلام الصادر عن المتحدث A، ثم يبحث ضمن الفونيمات العائدة للمتحدث B من أجل الوصول إلى الكلام الذي يفسر على النحو الأفضل الصوت الكليّ. ومن ثم تعيد الخوارزمية الكرّة مع عكس الأدوار في كل مرة. وهكذا أحرزت خوارزمية <ڤيرتانن> المرتبة الثانية متفوقة بدقتها على فريق <شفيلد>، مع أن أداءها تخَلّف بأكثر من عشر نقاط مئوية عن أداء السامعين من البشر.

وقد جرى أول استعراض على الإطلاق لخوارزمية فصل الكلام آليا يفوق أداؤها أداء الإنسان من قبل فريق من الباحثين في مختبر <J. Th. واطسون> التابع لشركة IBM في يوركتون هايتس بولاية نيويورك. وتعمل الخوارزمية التي طورها مؤخرا هذا الفريق بصورة كفؤة حتى في الحالات التي يتكلم فيها أكثر من متحدثَيْن – بل لقد أمكنها فصل تيارات متطابقة من الكلام ناجمة عن أربعة متحدثين. وتقوم خوارزمية فريق شركة IBM جزئيا بالتحليل المألوف؛ أي بتتَّبع المقاربة التي تتجه من القمّة إلى القاعدة، فتقيّم تكرارا متتاليات تجريبية من الفونيمات من أجل كل واحدٍ من المتكلمين. ولكن بين كل زوج من التكرارات التي تقوم بها المقاربة يستخدم البرنامج أكثر تقديرات الكلام وعدا للبحث عن فقرات المخطط الطيفي التي يبلغ فيها ارتفاع صوت واحد من المتحدثين مستوىً يغطي صوت الآخرين. ومن المثير للاهتمام أن تفَحّص المقاطع التي يطغى فيها صوت أحد المتحدثين على سواه يمنح هذه الخوارزمية وسيلة عملية لتحسين تقديرات كلام جميع المتحدثين في الوقت ذاته.

وما زال أمام الفصل الآليّ للكلام طريق طويل قبل أن يتسنى للحواسيب التنصت على الثرثرة في الحفلات الصاخبة. ولكن نتائج الأبحاث التي أجريت مؤخرا تشير إلى أن هذه الغاية قد تتحقق في نهاية المطاف، إذا لم تصل بعد إلى مسمعنا. ■

(*) PROMISING IDEAS

مراجع للاستزادة

Monaural Speech Separation and Recognition Challenge. Martin Cooke, John R. Hershey and Steven J. Rennie in *Computer Speech and Language*, Vol. 24, pages 1-15; 2010.

Super-Human Multi-Talker Speech Recognition: A Graphical Modeling Approach. John R. Hershey, Steven J. Rennie, Peder A. Olsen and Trausti T. Kristjansson in *Computer Speech and Language*, Vol. 24, pages 45-66; 2010.

Speech separation demonstration. IBM Research. Online at **www.research.ibm.com/speechseparation**

Scientific American, April 2011

تتمة الصفحة 29 (بحث عن حل جذري)

القانونية لتقليص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؟ فضريبة على الوقود الأحفوري أو نظام السقف-و-المقايضة[1] أو وضع معايير لطاقة متجددة تتطلب أن توفر الطاقات المتجددة نسبة مئوية من موارد الطاقة على مستوى الولاية أو المستوى الوطني جميعها وسائل غير مرنة سياسيا؟ بدلا من ذلك تنادي بـ«معيار لإنتاج الكهرباء بأسلوب يخفض انبعاثات الكربون»، الذي يتطلب أن تقلص الولايات الانبعاثات من مصادرها الكهربائية بنسبة محددة، مثلا، 80% بحلول عام 2030. لماذا قد تنجح مثل هذه الخطة؟

خوسلا>: وفقا لمعيار إنتاج الكهرباء بأسلوب يخفِّض انبعاثات الكربون، فإن المقياس الوحيد هو حجم ثنائي أكسيد الكربون المنتج وليس مصدر الطاقة المستعمل أو التقانة النظيفة المستخدمة لتحقيق ذلك الهدف. ويمكن لكل ولاية أن تختار التقانات المناسبة لها، مثل الطاقة الشمسية في أريزونا أو طاقة الرياح في تكساس أو المادة الحيوية في أركنساس. كما يمكن للولايات التي تنتشر فيها محطات الفحم الحجري أو الغاز الطبيعي أن تستخدم لاقط الكربون أو تشظية الكربون لتخفيض الانبعاثات من دون تغيير نوع الوقود، ويكوِّن هذا بدوره ضغطا تنافسيا لتحسين تلك التقانة وتطويرها، وهو ضغط لا وجود له حاليا.

كما يُمكِّن معيار إنتاج الكهرباء المنخفضة الكربون أرباب الوقود الأحفوري التقليدي ومحطات الطاقة النووية الجديدة من المنافسة. ونحن بحاجة إلى تضافر جهود الجميع في محاولة تطوير تقانات تخفِّض انبعاثات الكربون تخفيضا جذريا، ولا تقتصر فقط على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. إذ يمكن لتقانة لاقط الكربون من الغاز الطبيعي أن تخفِّض انبعاث الكربون طوال عمر المحطة مثلما تفعل الطاقة الشمسية، فضلا عن أنها أرخص تكلفةً. وإذا لم تشمل خطة تخفيض الانبعاثات محطات الوقود الأحفوري، فلن يصبح لاقط الكربون مجديا من الناحية الاقتصادية. وسوف ينحصر في نطاق المشروعات الباهظة التكلفة التي تُعدّها وزارة الطاقة.

وتتمثل الفائدة الإضافية بأن الولايات المتحدة ستطور كثيرا من التقانات الاقتصادية في مجال تخفيض انبعاث الكربون لتجعل من البلد رائدا في تصدير تقانات لاقط الكربون إلى الهند والصين حيث تقع معظم محطات توليد الطاقة من الفحم الحجري.

(SA): أنت مؤيد متحمّس لتقانة لاقط الكربون. فقد قلت: «لا أعمل إلا على الأشياء التي تثير اهتمامي، لذلك تتغير اهتماماتي كلَّ بضع سنين وقد حان الوقت لأتعلم شيئا جديدا». ما هي التقانات الأشد إثارة للاهتمام في السنوات الخمس القادمة؟

خوسلا>: يثير اهتمامي كلُّ مجال أعاينه. وأنا لست بمازح. لم أعتقد أننا سنبتكر نوعا جديدا لا سابق له من المحرّكات. وحين تفحصنا تكييف الهواء، توقعنا التوصّل إلى كمبرسرات أفضل أداءً - وهذا شيء هامشي. ولكننا اكتشفنا دورة ديناميكية حرارية جديدة، وهذه تقانة جديدة طوَّرها مهندسون في الشركة كيتين Caitin. ولم يستخدم أحد فعلا دورة ديناميكية حرارية جديدة لأغراض تجارية طوال خمسين سنة، أو ربما مئة. لم أكن أتوقع ذلك.

والواضح أن الأشخاص الذين عملوا في مجالات الطاقة القديمة طوال ثلاثين سنة لا يتبنون منظورا جديدا، مع أن العالم قد تغيَّر من حولهم. خذ مثلا الهندسة الميكانيكية، فما زلنا نستخدم النظم الميكانيكية العتيقة مثل **الكامات** cams لتنظيم الحركة ونقلها إلى الصمامات والأسطوانات في السيارة. والكامة هي قطعة ثابتة من المعدّات، ولكن ظروف القيادة تغيرت، ولذلك يجب تغيير التوقيت. إن ما نحتاج إليه للتوقيت الدقيق لا بل المتغير، هو أجهزة **محولات طاقة إلكترونية** power electronics تكون أسرع أداءً في فتح الصمامات وإغلاقها. لماذا لا يتم التحكم إلكترونيا في صمامات المحرك كلها؟ لماذا يجب على **عنفات (توربينات)** turbines الرياح أن تدور بسرعة محددة بواسطة ناقل السرعة، بدلا من استخدام محولات الطاقة الإلكترونية لتحويل الطاقة جميعها إلى قوة نستخدمها حسب وتيرة احتياجاتنا؟ هذان مجرد مثالين اثنين؛ ولكن هنالك مئة حالة مشابهة في محولات الطاقة الإلكترونية يمكن أن تؤدي إلى تغيير التطبيقات تغييرا جذريا.

ثمة ابتكارٌ إبداعي في كل مجال مهما كان قديما، وهذا يمثّل مفاجأة ما كنت لأتوقعها. ■

---

(١) a cap-and-trade system

مراجع للاستزادة

Sun Co-Founder Uses Capitalism to Help the Poor. Vikas Bajaj in *New York Times*, October 5, 2010.

Khosla Ventures's clean tech investments can be seen at **www.khoslaventures.com**

Vinod Khosla's argument for a low-carbon-electricity standard can be found by searching for "khosla, LCES" at **www.greentechmedia.com**

Scientific American, January 2011

استخدام الضوء للتحكم بالدماغ(*)

*أصبح الباحثون قادرين على استقصاء تفاصيل غير مسبوقة لكيفية عمل الجهاز العصبي، وذلك باستخدام تقنية تُدعى **الوراثيات الضوئية**(١)، حيث توصلوا إلى نتائج يمكن أن تتمخض عنها أساليب علاجية أكثر فعالية للمشكلات النفسية.*

<K. دايسيروث>

في كل يوم أقضيه كطبيب نفسي ممارس تَمْثُل أمامي محدودية هذا المجال. وعلى الرغم من الجهود النبيلة التي يبذلها السريريون والباحثون، فإن محدودية استبصارنا في جذور المرض النفسي ما زالت تشكل عقبة أمام مساعينا الرامية إلى اكتشاف طرق علاجية ناجعة، وتسهم في استمرار النظرة الواصمة حيال واحدة من كبرى المشكلات الصحية التي يواجهها العالم كلّه، وما يترتب عليها من خسائر فادحة، بدءا بسنوات العمر الضائعة وانتهاء بالإصابة بالعجز أو الموت. ولا ريب في أننا بحاجة إلى إجابات شافية في مجال الطب النفسي، ولكن وكما كان يمكن لفيلسوف العلوم <K. پوپر> أن يقول: «إذا أردنا الحصول على إجابات صحيحة، علينا أولا أن نطرح أسئلة جديدة، مما يعني بكلمات أخرى أننا بحاجة إلى تقانة جديدة.»

غير أن تطوير طرق جديدة ملائمة هو أمر معقد، فدماغ الثدييات لا مثيل له من حيث تركيبته المتشابكة، فهو جهاز بالغ التعقيد يتكون من عشرات البلايين من العصبونات المتضافرة معا، والتي تمتلك خصائص متميزة لا حصر لها، ونماذج من الاتصالات السلكية لتبادل الإشارات الكهربائية بصورة محددة زمنيا بدقة بالغة وفي أجزاء من الميلّي ثانية، إضافة إلى كمّ وافر من الرسل الكيميائية الحيوية المتنوعة. وبسبب هذا التعقيد المذهل، فإن علماء الجهاز العصبي لا يمتلكون المفتاح لفهم عميق لما يقوم به الدماغ فعليّا، ولا لفهم نوعية نماذج النشاط التي تصدر عن خلايا معينة في الدماغ وتؤدي في آخر الأمر إلى نشوء الأفكار والذكريات والأحاسيس والمشاعر. وإذا ما توسعنا في حديثنا، فيمكننا أن نقول إننا أيضا لا نعرف كيف تؤدي العيوب في بنية الدماغ إلى نشوء الاضطرابات النفسية المختلفة، كالاكتئاب والفصام. و**النموذج** paradigm السائد للاضطرابات النفسية بأطرها الحالية التي تقوم على فرضية اختلال التوازن الكيميائي وتغير في مستويات النواقل العصبية لا تتوافق مع السرعة العالية لمجموعة الدارات الكهربائية العصبية، وهذا ما يفسر لماذا تُعتبر طرق المعالجة المستخدمة في الطب النفسي في جوهرها أساليب علاج جرى اكتشافها مصادفة؛ وبالطبع فمع العون الذي تقدمه تلك الطرق إلى كثير من الناس، فإنها نادرا ما تكون ملهمة.

إذن، لايبدو مستغربا أن يقترح الحائز على جائزة نوبل <F. كريك> في مقالته التي نشرها في مجلة *ساينتفيك أمريكان* سنة 1979 أن أكبر تحد تواجهه العلوم العصبية الحديثة يتمثل بضرورة التوصل إلى التحكم بنوع محدد من خلايا الدماغ من

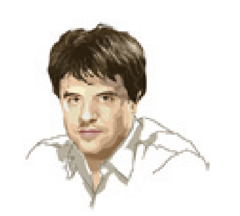
(*) CONTROLLING THE BRAIN WITH LIGHT أو : نَظْمُ الدماغ بالضوء.
(١) optogenetics

باختصار

لأمد طويل، ظل **علماء الجهاز العصبي** neuroscientists يعانون الإحباط لأنهم لم يتمكنوا من استقصاء آلية عمل الدماغ بصورة تفصيلية ودقيقة كما يقتضي الأمر. وفجأة لاح في الأفق حل أنجبته الأبحاث الجينية الأساسية المعنية بدراسة **المتعضيات الميكروية** microorganisms التي تعتمد اعتمادا كليا – من أجل الحفاظ على حياتها – على بروتينات الأوپسين الحساسة للضوء.

وانطلاقا من هذا المبدأ، أصبح العلماء اليوم قادرين على غرس **جينات الأوپسين** opsin genes في خلايا الدماغ واستخدام الوميض الضوئي لحث عصبونات معينة على **الإضرام** firing وفق الطلب، كما صاروا قادرين أيضا، وبفضل **الوراثيات الضوئية**(١)، على إجراء تجارب عالية الدقة تستهدف نوعا محددا من الخلايا في أدمغة الحيوانات الحية التي تتحرك بحرية، والتي لا يمكن فيها استخدام **مسار كهربية** electrodes وغيرها من الطرائق التقليدية.

وعلى الرغم من أن الوراثيات الضوئية لا تزال في طفولتها الباكرة، فقد أخذت تزودنا بإمكانيات لاستبصار ما تنطوي عليه العلوم العصبية من أسس يقوم عليها عدد من الأمراض النفسية.



المؤلف

Karl Deisseroth

<دايسيروث> هو عضو هيئة التدريس في كلية الهندسة البيولوجية وكلية الطب النفسي بجامعة ستانفورد، حاز جائزة ناكازوني العالمية لما حققه من إنجازات في مجال تطوير بروتينات الأوپسين الجرثومية والوراثيات الضوئية.

دون إحداث تغيير في الخلايا الأخرى. وغني عن القول إن التنبيه الكهربائي لا يفي بهذا الغرض، لأن المساري الكهربية ليست أداة تتوفر فيها درجة الدقة المطلوبة، نظرا لأن رأسها المغروس ينبه جميع الخلايا المجاورة ولا يُفرق بين أنواعها المختلفة، ولأن الإشارات الصادرة عنها غير قادرة على تثبيط العصبونات المستهدفة بدقة عالية. وقد راهن <كريك> في محاضراته التي ألقاها لاحقا على إمكانية استخدام الضوء كأداة تحكم، وذلك لأنه قابل للإرسال على شكل نبضات محددة بدقة عالية زمنيا ضمن مجال من الألوان والمواقع. وقد أتت تصريحات <كريك> في الوقت الذي لم يكن أحد يعرف بتاتا كيف يمكن لنا أن نجعل نوعا معينا من الخلايا يستجيب للضوء.

في غضون ذلك، كان الباحثون العاملون في حقل من حقول علم الأحياء - يبدو بعيدا كل البعد عن المجال الذي يُعنى بدراسة الدماغ عند الثدييات - منكبين على دراسة بعض **المتعضيات الميكروية** microorganisms في جانب من جوانبها لم تثبت أهميته إلا بعد مرور وقت طويل. فمنذ 40 عاما على أقل تقدير وعلماء البيولوجيا يعتقدون أن هناك متعضيات ميكروية تُنتج بروتينات تنظم جريان الشحنة الكهربائية عبر غشائها الخلوي بصورة مباشرة كاستجابة للضوء المرئي. وتسهم هذه البروتينات، التي تقوم مجموعة من جينات «الأوپسين» المميّزة بإنتاجها، في استخلاص الطاقة من الضوء وتجميع المعلومات عنه من البيئة التي تعيش فيها هذه الميكروبات. في عام 1971 قام كل من <W. ستوكنيوس> و<D. أوسترهلت> [من جامعة كاليفورنيا - سان فرنسيسكو] باكتشاف أن أحد تلك البروتينات؛ وهو **باكتيريورودوپسين** bacteriorhodopsin، يعمل بمفرده كمضخة أيونية يتم تفعيلها بفوتونات الضوء الأخضر، أي إننا إزاء آلة جزيئية مدهشة تؤدي بمفردها جميع الوظائف المطلوبة. ومن ثم، توالت الاكتشافات المتعلقة بأعضاء هذه العائلة من البروتينات لاحقا، فاكتُشفت **الهالورودوپسينات** halorhodopsins سنة 1977 و**التشانيل رودوپسينات** channelrhodopsins عام 2002،



في سياق متابعة الفكرة الرئيسية لعام 1971 المتمحورة حول الجين الواحد الذي يتحكم بمجموعة كاملة من الوظائف.

وإذا استخدمنا المنطق النموذجي للإدراك المتأخر، فعندئذ يمكننا القول إن صنع الأدوات اللازمة لتجاوز التحدي الذي تحدث عنه <كريك> - وهو استراتيجية من شأنها أن تُحدث تقدما هائلا في أبحاث الدماغ - كان من حيث المبدأ متاحا حتى قبل أن يتفوه <كريك> بذلك. ومع هذا، فقد استغرق الأمر أكثر من 30 عاما حتى استطعنا تجميع المفاهيم في تقانة جديدة هي الوراثيات الضوئية.

والوراثيات الضوئية هي توليفة من علم الوراثة وعلم الضوء تهدف إلى التحكم بوقائع محددة تحدث في نوع معين من خلايا النسيج الحي (وليس النسيج العصبي وحسب). وتتضمن الوراثيات الضوئية عمليتين: إحداهما هي اكتشاف الخلايا التي تحتوي على الجينات التي تمنح إمكانية الاستجابة للضوء، والأخرى هي غرس هذه الجينات في تلك الخلايا. كما أنها تتضمن أيضا التقانة المساعدة على إيصال الضوء إلى داخل الدماغ، فتوجيهه بالطريقة التي يؤثر بها في الجينات والخلايا المستهدفة، ومن ثم قياس تجليات أو آثار هذا التحكم الضوئي. وما يثير حماس علماء الجهاز العصبي حيال الوراثيات الضوئية هو ما تقدمه لنا من قدرة على التحكم بأحداث معينة داخل أنواع محددة من الخلايا

وضمن أطر زمنية معينة، الأمر الذي يعني أننا نعمل هنا على مستوى من الدقة، ليس فقط غير مسبوق، وإنما على الأرجح لا غنى عنه لفهم علم الأحياء.

لا يمكننا أن نفهم أهمية أي حدث من الأحداث التي تقع في خلية ما إلاّ في سياق الأحداث الأخرى التي يشهدها باقي النسيج المجاور، أو المتعضي بكامله، أو حتى المحيط البيئي الأوسع، إذ إن تبدلا بسيطا لا يتجاوز ميلّي ثوانٍ قليلة في توقيت الإضرام العصبوني، على سبيل المثال، يمكنُ أن ينجم عنه أحيانا انعكاس تام في تأثير الإشارة العصبونية في باقي الجهاز العصبي. إن آلاف الباحثين يستخدمون اليوم الوراثيات الضوئية ببراعة لمعرفة كيف تتولد وظائف الأعضاء المعقدة ويتولد السلوك من أنماط معينة من النشاط الذي يحدث في مجموعة منتخبة من العصبونات عند الديدان والذباب والأسماك والطيور والفئران والجرذان والقردة. وقد تمخض عن هذه الأبحاث، بالفعل، قدر مهم من الاستبصار في المشكلات الإنسانية، بما فيها الاكتئاب واضطرابات النوم وداء پاركنسون والفصام.

وما يثير اهتمام علماء الجهاز العصبي بالوراثيات الضوئية هو في المقام الأول ما تقدمه لنا من قدرة على التحكم بأحداث معينة داخل أنواع محددة من الخلايا وضمن أطر زمنية معينة.

إسقاط الضوء على الحياة(*)

إن استعمال الضوء للتداخل في النظم الحية هو أحد التقاليد المعروفة في البيولوجيا، فالباحثون يستخدمون منذ وقت طويل طريقة تعتمد على الضوء تُدعى «**كالي**» CALI لهدم ومن ثم لتثبيط بروتينات مُختارة، كما يستخدمون أيضا الليزر لتقويض خلايا معينة في دودة ***كينورابدايتس إليكانس*** *Caenorhabditis elegans*، مثلا. وفي المقابل، حدثنا ‹R. L. فورك› [من مختبرات بيل Bell] في سبعينات القرن العشرين، و‹R. يوست› [من جامعة كولومبيا] في سنة 2002، عن طرق تستخدم الليزر لتنبيه العصبونات من خلال تمزيقها لبعض أجزاء الأغشية الخلوية. أما في العقد الأخير، قامت مختبرات أخرى باستخدام نظم متعددة المكوِّنات لتعديل الخلايا المستهدفة بواسطة الضوء. ومن هذه المختبرات: مختبر ‹G. ميزنبوك› من مركز السرطان ميموريال – سلون – كاتارنگ، ومختبرات ‹E. إيزاكوف› و‹R. H. كريمر› و‹D. ترونر› في جامعة كاليفورنيا – بيركلي. وقد قدّم هؤلاء الباحثون – مثلا – طريقة يُستخدم فيها أحد البروتينات التي تقوم بتنظيم العصبونات وإحدى المواد الكيميائية التي من شأنها أن تدفع هذا البروتين إلى العمل إثر تعريضه لمنبه من الضوء فوق البنفسجي.

إلاّ أن هدم البروتينات أو الخلايا المستهدفة يفرض بالتأكيد قيودا على خيارات الباحث التجريبية، فالطرق التي تعتمد على النُّظُم المتعددة المكوِّنات، مع أناقتها وفائدتها، تنطوي على تحديات عملية، إضافة إلى أنها ليست قابلة للتطبيق أو الاستعمال على نطاق واسع عند الثدييات، الأمر الذي يعني أنه كان لا بد من حدوث تحول جذري باتجاه استراتيجية النُّظُم ذات المكوِّن الواحد. وحينما حدث هذا التحول لم تكن استراتيجية نظام المكوِّن الواحد قادرة على استغلال أجزاء أو طرق مستمدة من مناهج سابقة لتبنى عليها، بل عمدت بدلا من ذلك إلى استثمار البروتينات كلّية الوظائف التي يتم تفعيلها بالضوء واستخلاصها من ميكروبات باكتيريورودوپسين، وهالورودوپسين، وتشانيل رودوپسين.

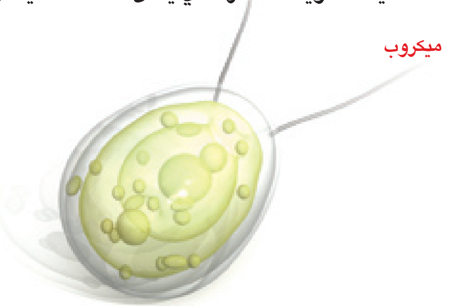
وبعد أن أصبحت باكتيريورودوپسين وهالورودوپسين معروفة في مجال البحث العلمي، قام معهد ‹كازوزا› لأبحاث **الدنا** DNA في اليابان عام 2000 بنشر آلاف من المتواليات الجينية الجديدة الخاصة ***بطحالب الكلاميدوموناس رينهاردي الخضراء*** *green algae Chlamydomonas reinhardtii* على الإنترنت. وأثناء قيام ‹P. هاگيمان› – الذي كان يعمل آنذاك في جامعة ريگينزبورگ ببرلين، وهو الذي كان قد تنبأ بأن الكلاميدوموناس يمكن أن تكون لديها **قناة أيونية ضوئية التفعيل** light-activated ion channel – بمراجعة تلك المتواليات الجينية استرعت انتباهه متواليتان طويلتان شبيهتان بالباكتيريورودوپسين. وبعد حصوله على نسختين منهما، طلب إلى ‹G. ناگل› [باحث رئيسي في فرانكفورت في ذلك الحين] أن يقوم باختبارهما لمعرفة هل كانتا تمثلان – بالفعل – **كودين** codes لقنوات أيونية. قام ‹هاگيمان› و‹ناگل› بتوصيف ما توصلا إليه من نتائج بهذا الشأن في سنة 2002. ويفيد توصيفهما هذا بأن إحدى هاتين المتواليتين تُكوِّد قناة غشائية أحادية البروتين حساسة للضوء الأزرق؛ أي إن ارتطام هذا البروتين، الذي أطلق عليه فيما بعد اسم (تشانيل رودوپسين-1) أو (ChR1)، بالفوتونات الزرقاء يدفعه إلى القيام بنظم جريان الأيونات ذات الشحنة الإيجابية. وفي السنوات اللاحقة تابع

(*) CASTING LIGHT ON LIFE

الأصول المتواضعة للبروتينات الحساسة للضوء(*)

بعض أنواع الطحالب والجراثيم الأخرى تعتمد من أجل الحفاظ على حياتها اعتمادا كليا على البروتينات المعروفة ببروتينات الأوپسين التي تستجيب للضوء المرئي. وعندما تتعرض هذه القنوات البروتينية للضوء، فإنها تقوم بنظم جريان الأيونات المشحونة كهربائيا عبر الأغشية الخلوية، الأمر الذي يُمكّن هذه الخلايا من استخلاص الطاقة من البيئة التي تعيش فيها. ويمكن لمختلف أنواع الأوپسينات أن تتباين في حساسيتها للضوء وسلوكها حياله. وتشكل جينات الأوپسين التي تقوم بتركيب هذه البروتينات الأساس الذي تقوم عليه تقانة الوراثيات الضوئية التي يستخدمها علماء الجهاز العصبي اليوم للتحكم بنماذج نشاط العصبونات المستهدفة.

ميكروب



الكلاميدوموناس رينهاردي هو طحلب وحيد الخلية متحرك مزوّد بسوطين يمنحانه القدرة على السباحة في المياه العذبة.



فولفوكس كارتيري هو طحلب تربطه قرابة وثيقة بالكلاميدوموناس ويتكون من مئات الخلايا التي تعيش معا في مستعمرات كروية.



ناترونوموناس فاراعوني هو من العتائق البكتيرية التي لا تستطيع أن تعيش إلاّ في مياه ذات تركيز ملحي عال جدا.



موطن



تربة وتجمعات المياه العذبة في جميع أنحاء العالم.

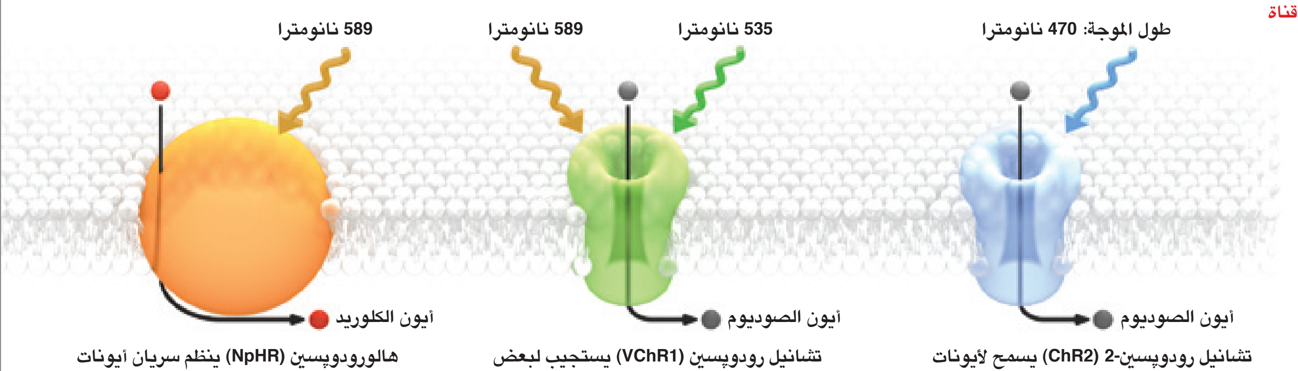


مستنقعات وبحيرات وبرك وحفر ممتلئة بالماء.



بحيرات ملحية في مصر وكينيا تحتوي على نسبة عالية من الصودا.

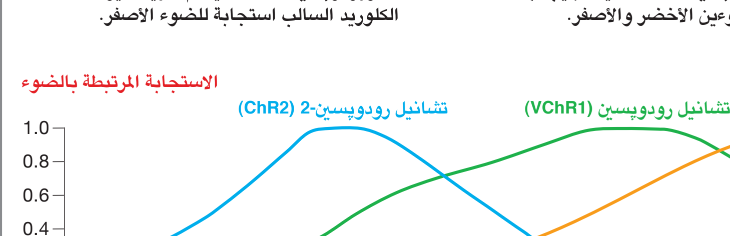
قناة



تشانيل رودوپسين-2 (ChR2) يسمح لأيونات الصوديوم الموجبة بالعبور استجابة للضوء الأزرق.

تشانيل رودوپسين (VChR1) يستجيب لبعض موجات الضوءين الأخضر والأصفر.

هالورودوپسين (NpHR) ينظم سريان أيونات الكلوريد السالب استجابة للضوء الأصفر.



(*) The Humble Origins of Light-Sensitive Proteins

تحضير العصبونات للاستجابة إلى الضوء(*)

لإجراء دراسات الوراثة الضوئية يقوم علماء الجهاز العصبي بإدخال جينات الأوپسين إلى خلايا الدماغ بواسطة ڤيروسات مُهندسة، بحيث يصبحون قادرين بعدئذ على حث النشاط العصبي بومضات من الضوء حين يشاؤون، ثم مراقبة آثار ذلك في سلوك حيوانات التجارب.

جين الأوپسين

معزز

يقوم العلماء بضم جين الأوپسين إلى عنصر يُدعى المعزز **promoter**، وهو العنصر الذي لا يسمح لهذا الجين بأن ينشط سوى في نوع معيّن من الخلايا.

ڤيروس

يتم غرس الجين المُعدّل في ڤيروس ما، ثم يُحقن هذا الڤيروس في دماغ أحد الفئران.

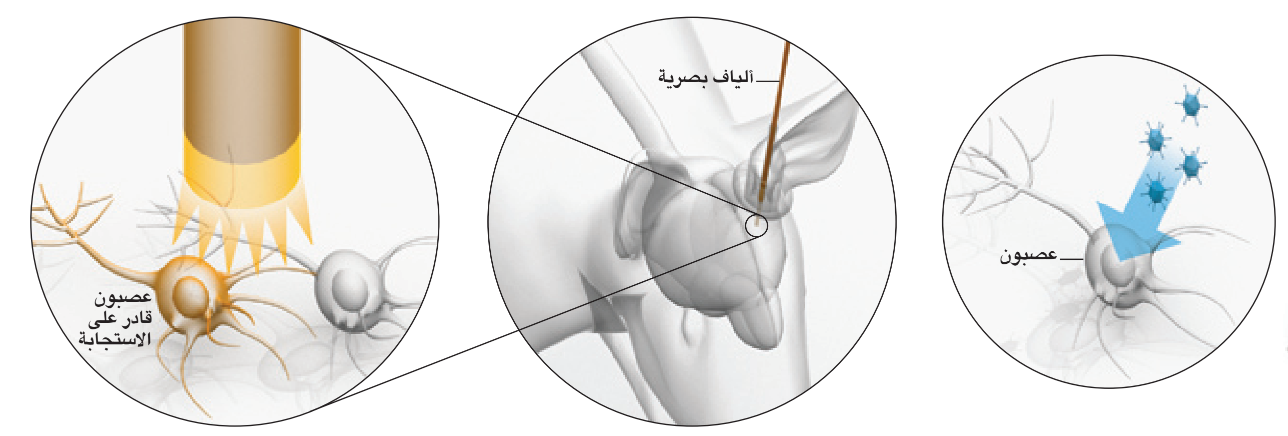
<هاگيمان> و<ناگل> وزملاؤهما، بمن فيهم <E. بامبرگ> [من مدينة فرانكفورت] استقصاء المتواليات الأخرى، فاكتشفوا بروتين تشانيل رودوپسين-2 أو (ChR2). وبصورة متزامنة تقريبا، برهن <J. L. سبوديت> على أن تلك الجينات تؤدي دورا مهما في الاستجابات المتعلقة بالضوء عند الكلاميدوموناس. ومع ذلك فإن اكتشاف التشانيل رودوپسينات باعتبارها نوعا ثالثا من تلك البروتينات الناقلة، أحادية المكون وضوئية التفعيل، لم تكن لتتم ترجمته فورا إلى قوة قادرة على دفع العلوم العصبية نحو الأمام، أكثر مما فعله اكتشاف باكتيريورودوپسين وهالورودوپسين في العقود السابقة.

وقد كشف لي بعض الباحثين بأنهم كانوا يفكرون في القيام بغرس جينات أوپسينية بكتيرية أو طحلبية في العصبونات ومحاولة التحكم عن طريق الضوء بهذه الخلايا المعدلة، ولكنهم تخلوا عن هذه الفكرة. فالخلايا الحيوانية، على الأرجح، لا تقوم بتشغيل البروتينات الجرثومية بطريقة فعالة أو آمنة، إضافة إلى أن هذه البروتينات هي فعليا، وبصورة مؤكدة، بطيئة وضعيفة إلى درجة لا تسمح لها بأن تكون فعّالة كما يجب. وهي، فوق ذلك، بحاجة إلى عامل إضافي لكي تتمكن من أداء وظيفتها، وهو مركب ذو صلة بفيتامين A يُدعى الريتينال المفروق من شأنه أن يساعدها على امتصاص الفوتونات. لقد كانت المجازفة في هدر المال والوقت أكبر بكثير من أن تلاقي القبول.

ومع ذلك، فقد كان حافز فريق أبحاث الهندسة البيولوجية الذي قمت بتشكيله في جامعة ستانفورد للارتقاء بفهمنا للطب النفسي السريري أقوى من المتوقع، وهذا ما يبرر مجازفتنا الكبيرة في ألاّ تتكلل مساعينا بالنجاح. لقد شاهدت بأم عيني أثناء فترة تخصصي في الطب النفسي مكامن الضعف والآثار الجانبية للمعالجة الدوائية وغير الدوائية، **كالمعالجة بالصدمة الكهربائية** electroconvulsive therapy على سبيل المثال، وهذا ما أسهم في دفعي إلى اتخاذ قراري الحاسم بالعمل في جامعة ستانفورد، حيث قمت سنة 2004 بصفتي باحثا رئيسيًّا بتشكيل فريق من طالبَيّ الدراسات العليا <S. E. بويدن> و <F. زانگ> لمجابهة هذا التحدي. قمت بإدخال التشانيل رودوپسين-2 في عصبونات الثدييات المزروعة باستخدام الطريقة المعروفة جيدا باسم **التَّعْداء** transfection، وهي طريقة تقوم على **تضفير** splicing جين التشانيل رودوپسين-2 (ChR2) مع نوع خاص من **بدّالة التشغيل** on switch أو **معزز** promoter، ثم غرسهما معا في جينات ناقل (ڤيروس حميد، مثلا) يقوم بإيصال هذه المادة الجينية إلى داخل الخلايا، حيث يضمن المعزز ألاّ تقوم هذه المادة الجينية بالإفصاح عن نفسها (أي ألاّ تقوم بصنع بروتينات الأوپسين المُكودة) سوى في العصبونات المستهدفة (مثلا، العصبونات التي تُفرز الناقل العصبي گلوتومات فقط).

وعلى خلاف جميع التوقعات، سارت التجربة بنجاح كبير يدعو إلى الدهشة، واستطعنا باستخدام نبضات آمنة من الضوء المرئي التحكم على درجة عالية من الدقة (بالميلي ثانية) والجدارة بالثقة بنماذج إضرام جهد الفعل الذي تطلقه الخلايا؛ وهي الومضات أو النبضات القلطية التي تمكن العصبون الواحد من نقل المعلومات إلى عصبون آخر. وقد قام فريقي

(*) Making Neurons React to Light



يُعدي الڤيروس عددا من الخلايا العصبية، ومع ذلك فإن المعزز لا يسمح بإنتاج بروتين الأوپسين سوى في نوع واحد فقط من العصبونات.

مسابير مكَّونة من الألياف البصرية تكون قادرة بعد غرسها في دماغ الحيوان على إرسال وميض ضوئي إلى الدماغ للتحكم بنماذج معينة من النشاط العصبي.

في الشهر 2005/8 بنشر أول تقرير عن عملية غرس جين أوپسيني جرثومي واحد في عصبونات الثدييات وجعل هذه الخلايا تستجيب للضوء بحساسية عالية. وقد تبين لنا بالدليل أن التشانيل رودوپسينات (ولاحقا الباكتيريورودوپسين، المعروف منذ عام 1971، والهالورودوپسين أيضا) كلها قادرة على تفعيل استجابة العصبونات للضوء أو تثبيطها بصورة فعّالة وآمنة. كما تبين لنا أيضا أن هذه القدرة تعود - في جزء منها على أقل تقدير - إلى الهبة غير المتوقعة التي أغدقتها الطبيعة على أنسجة الثدييات بجعلها تمتلك تلقائيا مقادير ثابتة من الريتينال المفروق؛ العامل الكيميائي المساعد الذي تحتاج إليه الفوتونات ولا تستطيع تفعيل الأوپسينات الجرثومية من دونه، الأمر الذي يشير إلى أننا لسنا بحاجة إلى أكثر من نقل جين الأوپسين إلى داخل العصبونات المستهدفة.

ما كان يبرر مجازفتنا الكبيرة في الفشل هو حافزنا القوي لتحسين قدرتنا على فهم الطب النفسي السريري.

وبعد ظهور تقريرنا الأول عام 2005 بسنة واحدة قمتُ مع زميلي <M. شنيترز> [من جامعة ستانفورد] بنشر **مقالة مراجعة** review paper أطلقنا فيها اسم «الوراثيات الضوئية» على الطريقة المذكورة آنفا. وقد قام عدد كبير من المختبرات في جميع أنحاء العالم منذ ذلك الحين بإجراء الأبحاث استنادا إلى هذه الطريقة واستخدام صيغ مختلفة للجينات التي قام فريقي بتركيبها بصورة تسمح لها بالعمل في خلايا الثدييات على الوجه الأمثل. وإذا أحصينا المختبرات التي أرسلنا إليها هذه الجينات حتى الآن، فإن عددها يبلغ 700 مختبر تقريبا في جميع أنحاء العالم.

إدخال تحسينات على الطبيعة(*)

تشهد وسائل الوراثيات البصرية نموا سريعا من حيث عددها وتنوع قدراتها، وذلك بسبب التقارب المدهش بين علم البيئة والهندسة. وتنصب جهود الباحثين اليوم على إثراء خزينة أدواتهم البحثية عبر التنقيب في عالم الطبيعة بحثا عن أدوات جديدة، وأيضا من خلال استغلالهم لتطبيقات الهندسة الجزيئية وإدخال تحسينات على الأوپسينات المعروفة لجعلها أكثر صلاحية للاستخدام في طيف أوسع من التجارب، وعند عدد أكبر من المتعضيات.

وفي عام 2008، على سبيل المثال، أدت استقصاءاتنا **لجينوم** genome نوع آخر من الطحالب، ***ڤولڤوكس كارتيري*** *Volvox carteri*، التي أجريناها بقيادة <F. زانگون> إلى اكتشاف نوع ثالث من التشانيل رودوپسينات (VChR1) يستجيب للضوء الأصفر بدلا من الضوء الأزرق الذي سبق ذكره في سياق الحديث عن <هاگيمان>. وبفضل استخدام هذا النوع الجديد من التشانيل رودوپسينات (VChR1) ونوعيه الآخرين معا أصبحنا قادرين على التحكم بخليط من التجمعات الخلوية،

(*) IMPROVING ON NATURE

ممتلكات جزيئية

عُدة متزايدة من الجينات المفيدة(*)

يتابع الباحثون جهودهم الرامية إلى تحسين كفاءات الوراثيات الضوئية عبر التلاعب بجينات الأوپسينات المعروفة والتنقيب في عالم الطبيعة عن بروتينات جديدة قادرة على الاستجابة للضوء، إذ إن الحصول على أوپسينات جديدة تتمتع بالخصائص المطلوبة من شأنه أن يمكن العلماء من إيجاد حلول للألغاز البيولوجية عن طريق إجراء تجارب لم تكن ممكنة في الماضي. ونستعرض فيما يلي مجموعة من أصناف الأوپسينات القيّمة وطرق استخدامها.

أوپسين	مصدر الميكروب	الحساسية لطول الموجة	الاستخدامات
طافرات تشانيل رودوپسين فائقة السرعة (ChR2)	طحالب الكلاميدوموناس رينهاردي	470 نانومترا (الحد الأقصى للتفعيل)	من أجل تفعيل أو إيقاف عمل سريع للإضرام العصبوني بدقة الميلي ثانية، تصل إلى 200 مرة في الثانية
أوپسينات الوظيفة التدريجية (طافرات تشانيل رودوپسين (ChR2) المتناهية البطء)	طحالب الكلاميدوموناس رينهاردي	470 نانومترا للتشغيل؛ و546 نانومترا لإيقاف عمل بعض الطافرات	لإدخال الخلايا في حالة استثارة أو إخراجها منها من خلال تعريضها لمدة قصيرة فقط لومضات من الضوء. وبسبب حساسية هذه الخلايا للضوء، يمكن استغلالها في التجارب التي تتطلب اختراق الضوء لطبقات سميكة من الأنسجة (كما هو الحال في أدمغة الثدييات)
تشانيل رودوپسين (VChR1)	طحلب ڤولڤوكس كارتيري	535 و589 نانومترا	لتفعيل الإضرام العصبي، يمكن استخدام (VChR1) و (Chr2) معا للتحكم بإضرام خليط من تجمعات عصبونية بصورة متزامنة ومنفصلة (أي لا يعتمد النوع الواحد من العصبونات على النوع الآخر)، حيث إن الأوپسين (VChR1) يستجيب للضوء الأصفر و (Chr2) للضوء الأزرق.
مستقبلات أپتو. إكس. آر. إس	تركيب مبني على الرودوپسين والمستقبلات المقترنة بالبروتين G	500 نانومتر	للتحكم السريع والخاص بنوع معين من الخلايا عبر السبل البيوكيميائية وليس عبر الإشعارات الكهربائية للخلايا المستهدفة. ويمكن استخدامه في حيوانات التجارب التي تتحرك بحرية.

فالضوء الأصفر يقوم بنظم جزء من هذا الخليط الخلوي على نحو معين، في حين أن الضوء الأزرق يقوم بإصدار أوامر مختلفة لجزء آخر من تلك التجمعات. وقد وجدنا مؤخرا أن أكثر التشانيل رودوپسينات فعالية هو في حقيقة الأمر هجين من النوع الثالث (VChR1)، والنوع الأول (ChR1) لا يدخل النوع الثاني (ChR2) في تركيبه بتاتا. أما ما قمنا بتعديله من أنواع التشانيل رودوپسينات الأخرى (وهي من ابتداع <O. إزهار> و <L. فينو> و <L. گاناديـن> و<هيگمان> وطلبته)، فيشمل في الوقت الحالي طفرات تشانيل رودوپسين الفائقة السرعة من جهة والمتناهية البطء من جهة أخرى، وهي طفرات تُبدي قدرة عالية على التحكم بتوقيت جهود الفعل ومددها الزمنية. وفي حين أن النوع الأول (الفائق السرعة) يحث على انبعاث أكثر من 200 جهد فعل في الثانية الواحدة، فإن النوع الثاني (المتناهي البطء) يدفع الخلايا بفعل دفقة واحدة من الضوء إلى الدخول في حالات مستقرة من القابلية للاستثارة أو إلى الخروج منها. إن أحدث ما نملكه حاليا من الأوپسينات هو ذاك الذي يستجيب أيضا للضوء الأحمر الداكن المجاور للأشعة تحت الحمراء الذي يبقى متمركزا بوضوح، ويخترق الأنسجة بسهولة ويُسر، ويتم تحمله بجرعة عالية.

وقد نجحت الهندسة الجزيئية في توسيع دائرة التحكم الوراثي الضوئي متعدية السلوك الكهربائي للخلايا لتشمل كيميائيتها الحيوية، فجزء كبير من الأدوية الطبية المعتمدة يؤثر في عائلة من بروتينات غشاء الخلية من صنف **المستقبلات المقترنة بالبروتين-G** G-protein-coupled receptors، وهي بروتينات تتحسس الإشارات الكيميائية خارج الخلوية، مثل الإبينفرين، وتستجيب للتغيرات التي تطرأ على مستويات الإشارات الكيميائية داخل الخلوية، كأيونات الكالسيوم مثلا، ومن ثم للتبدلات في نشاط الخلايا. وقد نجح <D .R. إيران> وآخرون في مختبري في تطوير مجموعة من المستقبلات المعروفة باسم **أپتو إكس. آر. إس** (opto XRs) التي تستجيب بسرعة للضوء الأخضر، وذلك من خلال إضافة القطاع الحساس للضوء من جزيء الرودوپسين إلى المستقبلات المقترنة بالبروتين-G. فعندما تقوم الڤيروسات بإدخال المركبات الجينية الخاصة بالأپتو إكس. آر. إس إلى أدمغة قوارض المختبر، فإن المستقبلات opto XRs تزودنا بوسيلة تحكم بالأحداث الكيميائية الحيوية في هذه الحيوانات وهي تتحرك بحرية داخل قفصها. واستنادا إلى ما تم ذكره، فقد أضحى التحكم الضوئي السريع ببعض السبل الكيميائية الحيوية داخل نوع معين من الخلايا أمرا ممكنا، سواء بحاويات المختبرات أو لدى الثدييات الطليقة. إن هذا التحكم بالكيمياء الحيوية يفتح الباب أمام الوراثيات الضوئية للدخول من حيث المبدأ إلى أية خلية وأي نسيج في عالم علم الأحياء.

(*) An Expanding Tool Kit of Useful Genes

هل تشكل الوراثيات الضوئية تحديا للأخلاقيات ethics؟(*)

انضمت الوراثيات الضوئية إلى صفوف التقنيات المعدلة للدماغ، مثل الأدوية المؤثرة نفسيا والتدخلات الجراحية التي تثير تساؤلات أخلاقية وفلسفية بسبب مفعولها القوي. غير أن الوراثيات الضوئية - إذا ما نظرنا إلى أحد جوانبها عن كثب - هي في حقيقة الأمر أكثر أمنا وأقل اشتباكا مع الاعتبارات الأخلاقية مقارنة بالطرق التي تقوم على الاستراتيجيات القديمة. فالإمكانات المتزايدة للوراثيات الضوئية وطبيعتها الانتقائية تسير يدا بيد مع تعقيدها التقني؛ فلا يمكن استخدام هذه الطريقة لدى المرضى - عمليا - من دون موافقتهم ومعرفتهم.

ومن ناحية ثانية، فقد انبثقت مسائل أكثر مراوغة (وربما أكثر أهمية) بخصوص ما تتمتع به الوراثيات الضوئية من دقة عالية. وفي مستوى من المستويات، تنبثق جميع مظاهر شخصياتنا وأولوياتنا وقدراتنا وانفعالاتنا وذكرياتنا من وقائع كهربائية وكيميائية حيوية تحدث في مجموعات معينة من العصبونات وفق نماذج زمنية محددة. ومن شأن التحكم بالمكونات الأساسية للعقل أن يثير جملة من الأسئلة والتحديات الفلسفية بدءا بالسؤال المتعلق بمبررات هذه التعديلات وهل هي مناسبة أم لا وصولا إلى أسئلة أكثر تجريدا عن الجوهر الحقيقي للذات والإرادة وقابليتهما للتعديل.

أما التدخلات العصبية التي تستند إلى الجراحة أو الأدوية أو المساري الكهربية فقد كانت تفتقر إلى الدقة على مدى تطورها التاريخي، مما جعل تلك القضايا الفلسفية المهمة تدور في أطرها النظرية وليست العملية؛ فهي لم تحظ باهتمام اختصاصي علم الأخلاق ولا باهتمام القوانين إلاّ بصورة جزئية.

وليست تساؤلات كهذه بغريبة عن الطبيب النفسي، فنحن نستخدم قدراتنا الطبية الحالية للتأثير في الانفعالات البشرية، وفي التشييد النفسي للواقع.

إلاّ أن الزمن يتغير، كما بينت لنا الوراثيات الضوئية وسرعة تطورها المذهلة التي شهدناها في السنوات القليلة الماضية. ولكننا لن نستطيع تحقيق قفزات نوعية في تحسين الدقة الخلوية والزمنية لتدخلاتنا بمعزل عن الاهتمام الجاد والمتواصل للمجتمع كما نفعل حيال التقانات المتقدمة الأخرى.

إذن، على علماء الجهاز العصبي أن يكونوا مستعدين لتزويد رجل الشارع المهتم بإيضاحات دقيقة عما تعنيه (وما لا تعنيه) التجارب الوراثية الضوئية لفهمنا للعقل البشري ومعالجته.

إنّ الكثير من جينات الأوپسين الطبيعية التي يتم العمل حاليا على اكتشافها في الجينومات الجرثومية تُكوّد بروتينات لا تستطيع خلايا الثدييات تصنيعها بصورة جيّدة. ومع ذلك، فقد قامت <V. گرادينارو> [من مجموعتي] بتطوير عدد من استراتيجيات الاستخدام العام لتحسين طرق إيصال هذه الجينات وتحسين قدرتها التعبيرية، وأبرز مثال على ذلك هو حَزْمُ الجينات الأوپسينية مع أجزاء من الدنا تكون بمنزلة الرموز البريدية التي تضمن وصول الجينات إلى المكان الصحيح داخل خلايا الثدييات ومن ثم ترجمتها إلى بروتينات فعّالة وظيفيا كما ينبغي. إضافة إلى ذلك، فقد أصبح الباحثون قادرين - وبفضل الأدوات المكونة من الألياف البصرية التي طورناها في عامي 2006 و 2007 - على إيصال الضوء اللازم للتحكم الجيني الضوئي إلى أية منطقة من مناطق الدماغ السطحية والعميقة لدى الثدييات التي تتحرك بحرية. ومن أجل أن تتسنى لنا قراءة الإشارات الكهربائية الديناميكية التي يستثيرها التحكم الوراثي الضوئي قراءة متزامنة، قمنا بتطوير أدوات قياس بوحدة الميلي ثانية تحتوي على خليط متكامل من الألياف البصرية والمساري الكهربية (وأطلقنا عليها اسم **المساري البصرية** optrodes).

ما ينبثق عن ذلك هو تآزر جميل بين التنبيه الضوئي والتسجيل الكهربائي نظرا لأن الاثنين يمكن إعدادهما بحيث لا يتداخل أحدهما في الآخر. وقد أصبح بإمكاننا اليوم، مثلا، أن نراقب التبدلات التي تطرأ على النشاط الكهربائي للدارات العصبية المشاركة في نظم الوظيفة الحركية، مباشرة وبصورة متزامنة مع اللحظة التي نقوم فيها بعملية التحكم الضوئي بتلك الدارات المزودة بالأوپسينات الجرثومية. وكلما تزايدت المدخلات الوراثية الضوئية إلى الدارات العصبية وأصبحت مخرجاتها الكهربائية أكثر تعقيدا وغزارة، أصبح بمقدورنا التحرك باتجاه الهندسة العكسية لمجموعة الدارات العصبية؛ وسوف نكون قادرين على استخلاص الدلائل المتعلقة بالوظائف الحوسبية والمعلوماتية للدارات العصبية انطلاقا من فهمنا للكيفية التي تقوم بها هذه الدارات بتحويل إشاراتنا. فالهندسة العكسية للدارات العصبية السليمة سوف تمنحنا فرصا ذهبية لتحديد الخصائص والأنشطة التى تضطرب فى حالة الأمراض النفسية والعصبية. وسوف تساعدنا هذه المعارف بدورها على تركيز جهودنا في الاتجاه المؤدي إلى اكتشاف تدخلات قادرة على إعادة الحالة الطبيعية لتلك الدارات.

هندسة عكسية للعقل(**)

تتزايد أهمية الوراثيات الضوئية بوتيرة سريعة باعتبارها وسيلة من الوسائل البحثية، وبوجه خاص، لكونها تترابط بالتقانات الأخرى. وقد حققت العلوم العصبية في السنوات

(*) Does Optogenetics Challenge Ethics?
(**) REVERSE-ENGINEERING THE MIND

القليلــة الماضية إنجازات مهمة في مجال المســح التصويري للدماغ باســتخدام طريقة تُدعى **التصويــر الوظيفي بالرنين المغنطيســي** (fMRI)[1]. ويتــم تقديم هذه الطريقة من المســح التصويري عادة بصفتها وســيلة تزودنا بخرائط تفصيلية عن النشــاط العصبي الذي يُظهر استجابة لمنبهات متعددة مع أنه بتعبير أدق فــإن التصوير الوظيفــي fMRI لا يُطلعنا إلاّ على تقلبات مستوى أكسجين الدم في مناطق الدماغ المختلفة، وهي تقلبات تظهر بالنيابة عن النشاط العصبي الفعلي، ليس إلاّ.

لهذا الســبب، فإن الســؤال المتعلق بإمكانية إطلاق هذه الإشارات المركبة من خلال زيادة النشاط العصبي الاستثاري، مــازال مدعاة للشــك المضني. ومن جانب آخــر فقد أجرى مختبرنا في الشــهر 2010/5 اختبارا اســتُخدمت فيه توليفة من الوراثيــات الضوئية والتصوير الوظيفي fMRI للتأكد من أن إضرام العصبونات الاستثاري المحلي كاف تماما لإطلاق الإشارات المركبة التي يكتشفها المرنان الوظيفي. إضافة إلى ذلك، فقد تبــين لنا أن مزاوجة الوراثيــات الضوئية والمرنان الوظيفي قادرة على ترســيم الدارات العصبية الوظيفية بدقة عالية وبصورة كاملة لم نخبرهما سابقا، لا عن طريق المساري الكهربية، ولا من خلال التدخلات الدوائية. وبناء على ذلك، فإن الوراثيات الضوئية تساعد على توثيق صحة الأدبيات العلمية وتحسينها في مجالي العلوم العصبية والطب النفسي.

لقد أخذنا نلمس بالفعل الأثر المباشر الذي تركته الوراثيات الضوئية في المسائل المتعلقة بالأمراض البشرية، وأبرز مثال على ذلك هو ما توصلنا إليه مؤخرا عبر تطبيقها على نوع معين من العصبونات (خلايا الهيپوكرتين) الواقعة في منطقة عميقة مــن الدماغ والمعروفة من قبــل بعلاقتها بمرض من أمراض النوم يُدعى **ناركوليپســي** narcolepsy. كما وجدنا أيضا أن هــذه العصبونات تولد نماذج معينة من النشــاط الكهربائي هي المســؤولة عن إحداث حالة اليقظــة، الأمر الذي يعني أن اكتشاف وســيلة قادرة على إحداث تلك النماذج من النشاط الكهربائــي يمكن أن يزودنا يومــا ما بطريقة علاجية جديدة. إلاّ أن الأمر الأكثر أهمية من ذلك هو الاستبصار العلمي بأن أنواعا معينة من النشاط في أنواع معينة من الخلايا يمكن أن تقود إلى أنماط من السلوك المركب.

ولا تقتصر الوراثيات الضوئية في عطاءاتها على ما سبق ذكره، بل هي تساعدنا أيضا على تحديد كيف يمكن أن تؤدي العصبونات المُصنِّعة للدوپامين إلى انطلاق المشــاعر المتعلقة بالمكافأة والمتعة. وقد قام فريقي – مستخدما تقنية الوراثيات الضوئيــة – بإحداث نبضات من النشــاط لمدد زمنية مختلفة فــي مجموعة محددة بدقة من العصبونــات الدوپامينية لدى فئــران حرة الحركــة، فتمكن من تعرف نمــاذج التنبيه التي يمكن أن تكون مســؤولة عن إثارة الشعور بالمكافأة لدى تلك الحيوانات التي أخذت تفضل قضاء معظم وقتها في الأمكنة التــي تعرضت فيهــا إلى ذلك التنبيه المؤدي إلى نشــوء تلك النبضات من النشــاط في عصبوناتها الدوپامينية، علما بأن هــذه الحيوانات لم تتلق أية تلميحــات أو مكافآت تؤدي إلى الإحســاس بالمكافأة لديها. إن لهذه المعلومــات فوائد جمة، فهي تســاعدنا على استخلاص النشاط الخلوي الكامن وراء عملية المكافأة الطبيعية من جهة، والمسؤول من جهة أخرى عن الاختلالات المَرَضيّة التي تتعرض لها منظومة المتعة مما يؤدي إلى الاكتئاب وإلى الإدمان.

وتجدر الإشارة إلى أن تقنية الوراثيات الضوئية أسهمت، إلى جانب ما ذُكر ســابقا، في تعميق فهمنا لداء پاركنســون الذي يقوم على أرضيــة اضطراب في معالجة المعلومات في بعض دارات الدماغ المســيِّرة للوظيفة الحركية. فتســعينات القــرن الماضــي جلبت معهــا لمرضى پاركنســون قدرا من العون تمثــل بطريقة علاجية جديدة اســمها (**تنبيه أعماق الدماغ** deep-brain stimulation)، وهي طريقة يقوم فيها جهاز مغروس **شبيه بالناظمة** pacemaker ببث **تنبيهات كهربائية تذبذبيــة** oscillating electric stimuli محددة زمنيا بدقة بالغة يتم إرســالها إلى مناطق تقع في عمق الدماغ، **كالنواة تحت المهاد** subthalamic nucleus على سبيل المثال.

غير أن مــا أطلقته هــذه الطريقة من وعــود للمصابين بداء پاركنســون (ومجموعــة منوعة من الحــالات المرضية، في واقع الأمر) بقيت محدودة لأسباب تعود في جزء منها إلى أن المساري الكهربيــة تقــوم بتنبيه الخلايــا الدماغية المجــاورة بطريقة غير انتقائيــة من جهة، وإلــى أن معارفنا المتعلقــة بطبيعة التنبيهات اللازمة ما زالت حتى الآن ناقصة إلى درجة تثير الشفقة من جهة ثانية. ومهما يكن من أمر، فقد نجحنا مؤخرا في دراسة النموذج الحيواني لداء پاركنســون بتقنية الوراثيات الضوئية، حيث تمكنا من اكتســاب اســتبصار أساســي بمجموعة الدارات العصبية المصابة وطبيعتها المرضية، وبآليات تأثير المداخلات العلاجية.

لقــد وجدنا مثــلا أن تنبيه أعماق الدمــاغ يمكن أن يصل إلى فعاليته القصوى إذا لم يســتهدف الخلايا بحد ذاتها، بل الوصلات ما بين الخلوية التي تؤثر في جريان النشاط العصبي بين مناطق الدماغ المختلفة. كما قمنا مع زميلنا <A. كريتزر> [من جامعة كاليفورنيا – سان فرنسيسكو (UCSF)] بوضع خرائط وظيفية لســبيلين من سبل مجموعة دارات الوظيفة الحركية في الدماغ: أحدهما مســؤول عن إبطاء الحركات والآخر مسؤول

(١) functional magnetic resonance imaging

عن تسريعها وقادر على تصحيح الحالة الپاركنسونية.

إضافة إلى ذلك، أصبحنا نعرف كيف يمكننا حث نوع محدد من الخلايا، هي **عصبونات القشرة المخية الحديثة من صنف الپارڤألبومين** neocortical parvalbumin neurons، على تعديل دورات من النشاط الدماغي المعروف بنظم الـ 40 ذبذبة في الثانية أو **ذبذبات گاما** gamma oscillations. ومنذ وقت قصير والعلم شاهد على أن مرضى الفصام يعانون تبدلات في خلايا الپارڤألبومين، ويعانون - كما يعاني مرضى التوحد أيضا - خللا في ذبذبات گاما. غير أن الدلالة السببية لهذه **الارتباطات** correlations - إن كانت موجودة - ما زالت مجهولة حتى الآن. لقد بيّنّا من خلال استخدامنا لتقنية الوراثيات الضوئية أن خلايا الپارڤألبومين تساعد على تعزيز موجات گاما، وأن هذه الموجات تعزز بدورها سريان المعلومات عبر دارات القشرة المخية.

لقد لاحظت عند مرضى الفصام الذين أقوم برعايتهم ما يمكن أن يبدو بوضوح مشكلة في معالجة المعلومات، حيث يقوم هؤلاء المرضى على نحو خاطئ بتأويل أحداث عادية تقع بمحض الصدفة، فيدركونها كجزء من مواضيع أو نماذج أوسع (مشكلة معلوماتية قد تفضي إلى حدوث الذهان الكبريائي أو أشكال من **الهلاوس** delusions). إن هؤلاء المرضى يعانون أيضا بعض الإخفاق في تسيير آلية التبليغ الداخلي التي تنبئنا متى تكون الأفكار من صنع ذواتنا (مشكلة معلوماتية قد تكون هي الأساس الذي تقوم عليه الظاهرة المروعة المعروفة باسم «سماع الأصوات»). أما مرضاي الذين يعانون أحد أطياف مرض التوحد فقد لاحظت أن معالجة المعلومات لديهم لا تتم إلاّ في حدود ضيقة للغاية، وذلك على عكس حالة فرط ترابط المعلومات غير الملائم التي ذكرتها قبل قليل. إنهم يفقدون القدرة على رؤية المشهد الكلي بسبب تركيزهم المفرط على جزئيات الأشياء والأشخاص والمحادثات وغيرها من المواضيع. وقد تكون هذه الإخفاقات في معالجة المعلومات هي ما يقود إلى الإخفاقات المعروفة في عملية التواصل وفي السلوك الاجتماعي. وبناء عليه، فإن فهمنا لذبذبات گاما فهما أفضل من شأنه أن يزودنا بأساليب أنجع من الاستبصار في هذه الأمراض المعقدة.

إن أكثر ما يثير اهتمامي كطبيب في هذا النوع من البحث العلمي هو جلب مبادئ هندسية وتقانة كميّة للتأثير في تلك الأمراض النفسية المدمرة التي تبدو غامضة وعصية. وهكذا، فإن الوراثيات الضوئية ستقدم لنا يد العون في حمل الطب النفسي على الرحيل إلى مجال هندسة الشبكات وأساليب فهمها الذي يُعنى بتفسير وظائف الدماغ المعقدة (والسلوك الناتج منه) من حيث إنها تمثل خصائص النظام العصبي الذي ينبثق عن الديناميكيا الكهربائية الكيميائية للخلايا والدارات المكونة للدماغ. وهذا ما من شأنه أن يغير نظرتنا بصورة كلية إلى الكيفية التي تعمل بها الأنسجة القابلة للاستثارة كهربائيا في حالتي الصحة والمرض. إنها حقا لرحلة طويلة - لا يمكن التنبؤ بوجهتها - من الاندهاش بطريقة يقوم فيها هذا البروتين الجرثومي الغريب - الباكتيريورودوپسين - بالاستجابة للضوء.

سخاء اللامتوقع(*)

في ملتقيات جمعية العلوم العصبية (SN) وفي بعض المؤتمرات الضخمة الأخرى، كنت بين الحين والآخر أسترق السمع إلى ما يتبادله زملائي من مقترحات ينطوي بعضها على فكرة مفادها أنه قد يكون من الأجدى أن يركز عشرات الآلاف من الباحثين في الوقت نفسه على مشروع بحثي واحد ذي شأن عظيم وذي ضرورة قصوى، كداء الزهايمر مثلا، بدلا من متابعة المزيد من استقصاءاتهم المتنوعة. ولكن كلما ضاقت دائرة أهداف البحث العلمي وتحددت مساراته، تباطأت حركته الإجمالية إلى الأمام على الأرجح، وكلما أصبح من المؤكد أن عوالم الطبيعة النائية التي لم تُسبر أغوارها بعد، وهي العوالم التي يمكن أن تبزغ فيها أفكار ثورية حقيقية، سيجرى عزلها نهائيا عن مسيرتنا العلمية العامة.

إن الدرس الذي يمكننا استخلاصه من الوراثيات الضوئية هو أن الخلايا القديمة والهشة والنادرة المأخوذة من غشاء المستنقعات أو من البحيرات الصحراوية الملحية الجافة قد تؤدي دورا حاسما في إدراكنا لذواتنا ولعالمنا المعاصر. وحكاية هذه التقانة تؤكد لنا أهمية الحفاظ على الأماكن البيئية النادرة وقيمتها الكبيرة، وأهمية دعم العلوم الأساسية الحقة أيضا. ويجب ألاّ يغيب عن أذهاننا أبدا أننا لا نعلم حتى الآن إلى أين ستأخذنا مسيرة العلم الطويلة، وأننا أيضا لا نعرف ما الذي سنحتاجه لإنارة طريقنا إلى هناك. ■

(*) BOUNTY OF THE UNEXPECTED

مراجع للاستزادة

Millisecond-Timescale, Genetically Targeted Optical Control of Neural Activity. Edward S. Boyden et al. in *Nature Neuroscience*, Vol. 8, pages 1263-1268; September 2005.

Optical Deconstruction of Parkinsonian Neural Circuitry. Viviana Gradinaru et al. in *Science*, Vol. 324, pages 354-359; April 17, 2009.

Temporally Precise in Vivo Control of Intracellular Signaling. Raag D. Airan et al. in *Nature*, Vol. 458, pages 1025-1029; April 23, 2009.

Optogenetic Interrogation of Neural Circuits: Technology for Probing Mammalian Brain Structures. Feng Zhang et al. in *Nature Protocols*, Vol. 5, No. 3, pages 439-456; February 18, 2010.

Scientific American, **November 2010**

داخل مختبر اللحم(*)

*تسعى مجموعة من العلماء إلى تلبية رغبة العالم المتزايدة في شرائح اللحم دون إلحاق الأذى بكوكب الأرض. وتبدأ الخطوة الأولى **بطبق پتري**(١).*

‹J. بارثوليت›

ليس من الغريب أن يكون الملهمون ذوي عاطفة جياشة أو حتى متعصبين؛ ولا يستثنى من ذلك ‹W. ڤان إيلين›، الذي يمكنه بعد أن بلغ السابعة والثمانين من العمر أن ينظر إلى الماضي متذكرا حياته التي كانت غير عادية. فقد وُلد في إندونيسيا حينما كانت تحت الاحتلال الهولندي، وهو ابن لطبيب أدار مستعمرة **للمجذومين**(٢). وفي شبابه حارب اليابانيين في الحرب العالمية الثانية وقضى عدة أعوام في معسكرات أسرى هذا الحرب، حيث استخدم الحراس اليابانيون الأسرى للعمل كالعبيد، وكانوا يتركونهم جياعا. ويتذكر ‹ڤان إيلين› أحداث الماضي قائلا: «إذا بلغ الغباء بأحد الكلاب الضالة إلى الحد الذي يجعله يتجرأ على تجاوز الأسلاك التي تحيط بالمعسكر فسرعان ما ينقض عليه السجناء ويمزقونه إربا ويأكلونه نيئا، ويضيف: «لو نظرت إلى معدتي آنذاك لرأيت من خلالها عمودي الفقري. لقد كنت ميتا بالفعل.» ولقد أثارت تجربته هواجس في نفسه تتعلق بالطعام والتغذية وعلم البقاء استحوذت على تفكيره طوال حياته.

كان الهاجس عنده يقود إلى هاجس آخر. فبعد أن حرر الحلفاء إندونيسيا درس ‹ڤان إيلين› الطب في جامعة أمستردام. وحدث أن شرح أحد الأساتذة لطلبته كيف تمكن من إنماء قطعة من نسيج عضلي في المختبر، فألهمت هذه التجربة ‹ڤان إيلين› التفكير في إمكانية إنماء لحم الطعام دون الحاجة إلى تربية الحيوانات وذبحها. وتخيل إمكانية إنتاج غذاء غني بالبروتين كما تنتج المحاصيل الزراعية، ودون التأثر بظروف المناخ والبيئة، أو قتل كائنات حية.

وتبدو هذه الفكرة أكثر أهمية اليوم. فقد كان عدد بني البشر يزيد قليلا على بليوني نسمة عام 1940 ولم يشكل **الاحترار العالمي** global warming آنذاك مشكلة ذات بال. أما اليوم فيعيش على كوكبنا ثلاثة أضعاف هذا العدد من البشر. وحسب تقرير **منظمة الغذاء والزراعة**(٣) FAO الذي نشر عام 2006، فإن الأعمال المتعلقة **بالماشية** live-stock من دواجن ومواشٍ ودواب، تتسبب في نحو 18 في المئة من مجمل انبعاثات غازاً **الاحتباس الحراري** greenhouse التي يتسبب بها الإنسان، وهي مساهمة أكبر مما يتسبب به قطاع النقل. وتتوقع هذه المنظمة أن تتضاعف تقريبا كمية اللحوم المستهلكة في الفترة ما بين عامي 2002 إلى 2050.

ويمكن للحم المنتج في **المفاعلات الحيوية** bioreactors،

(*) INSIDE THE MEAT LAB
(١) طبق پتري: هو صفيحة من الزجاج على شكل طبق يستعمل في جميع مختبرات العالم لإجراء التجارب المتعلقة بإنماء الكائنات الحية الدقيقة (الميكروية).
(٢) Lepers
(٣) Food and Agriculture Organization

باختصار

يمكن للحم الذي يُنمّى في المختبر توفيرمصادرالحصول على طعام غني بالبروتين، دون الوقوع في المشكلات البيئية والأخلاقية التي ترافق عادة عمليات تربية الماشية على نطاق واسع.

ومع ذلك ما يزال التقدم في هذا المضمار بطيئا بسبب ما يواجهه العلماء من صعاب في تأمين الدعم المالي اللازم لإجراء أبحاثهم.

وتتضمن إحدى الاستراتيجيات الواعدة إنماء **خلايا جذعية جنينية** embryonic stem cells من الماشية في مستنبتات اصطناعية، ومن ثم توجيهها إلى التحول إلى خلايا عضلية.

وحتى لو نجح البحث في هذا المجال، فإن البعض يتساءل عما إذا كان الجمهور سوف يستسيغ يوما ما طعم اللحم الذي جرت هندسته في المختبر.



المؤلف

Jeffrey Bartholet

<بارثوليت>: مراسل خارجي قدير ورئيس سابق لمكتب مجلة نيوزويك في واشنطن.

بدلا من إنتاجه في المزارع أن يخفف من معاناة كوكبنا. وقد شارك <H. تيوميستو> وهو طالب دكتوراه في جامعة أكسفورد، في دراسة أجريت العام الماضي حول التأثير البيئي المنتظر **للّحم المستنبت صناعيا** cultured meat. وهذه الدراسة أوضحت أن مثل هذا الإنتاج إذا أجراه العلماء بطريقة إنماء الخلايا العضلية في مستنبت من **البكتيريا الزرقاء المحلمأة** cyanobacteria hydrolysate؛ (وهي بكتيريا تربى في البرك)، فسوف يؤدي ذلك إلى خفض استهلاك كمية الطاقة المستخدمة بمقدار 35 إلى 60 في المئة وخفض انبعاثات غاز الاحتباس الحراري بنسب تتراوح بين 80 إلى 90 في المئة، إضافة إلى تقليل مساحات الأرض المستخدمة بمقدار 98 في المئة مقارنة بإنتاج اللحم بالطرق التقليدية في أوروبا.

وحاليا يُستخدم 30 في المئة من مساحة الكرة الأرضية الخالية من الثلوج لرعي المواشي وإنتاج الغذاء الحيواني، فإذا ما أصبح إنتاج اللحم المستنبت صناعيا قابلا للتطبيق والاستهلاك على مستوى واسع، فإن جزءا كبيرا من مساحة هذه الأرض يمكن استخدامها لأغراض أخرى، بما في ذلك زراعة غابات جديدة يمكنها الإسهام في امتصاص الكربون من الهواء الجوي. وحينها لا نحتاج أيضا إلى نقل اللحوم عبر الكرة الأرضية، لأن مواقع إنتاجها يمكن أن توجد بالقرب من المستهلكين. بعض المتحمسين يتصورون أنه توجد مختبرات لحم محلية صغيرة تبيع منتجاتها في متاجر السوق التي تقدم الطعام **لهواة المأكولات المحلية** locavores.

الخيار الوحيد المتبقي(*)

حتى <W. تشرشل> كان يعتقد أن استنبات اللحوم في المختبر فكرة جيدة، حيث تنبأ عام 1932 في كتابه «*أفكار وتجارب*» قائلا: «بعد خمسين عاما سوف نتمكن من تجاوز سخافة تربية دجاجة كاملة من أجل أن نأكل صدرها أو جناحها، وسنقوم بتنمية هذه الأجزاء منفردة في ظروف مناسبة.» ولكن مضت معظم سنوات القرن العشرين وانقضت دون أن يأخذ أحد هذه الفكرة مأخذ الجد سوى عدد قليل من المعنيين. أما <ڤان إيلين> فلم يترك الأمر ليدخل في غياهب النسيان. فإلى جانب قيامه بالعمل في العديد من الوظائف عمل بائعا للصحف وسائقا للتاكسي (سيارة الأجرة) وصانعا لبيوت الدمى ثم أسس جمعية لمساعدة الأطفال المعدمين وتَملَّكَ معارضَ فنية ومقاهي، فقد قام بكتابة الدراسات حول إنتاج اللحم **في الزجاج** in vitro، وأنفق في نهاية المطاف معظم ما كسبه من مال في عمليات التقدم لتسجيل براءات اختراع. وقد سجل، بالاشتراك مع شريكين له، براءة اختراع هولندية عام 1999، وبعدها سجل براءات اختراع أوروبية أخرى، وأخيرا براءتي اختراع في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام 2005 تمكن مع آخرين من إقناع وزارة الشؤون الاقتصادية الهولندية بتخصيص مبلغ مليوني يورو لدعم الأبحاث الهادفة إلى إنتاج اللحم في الزجاج بهولندا، والذي يعد أكبر دعم حكومي لمثل هذه

(*) THE ONLY CHOICE LEFT

الأبحاث حتى الآن.

وخلال تلك الفترة نجح عالم أمريكي هو ‹M. بينجامينسون› في إنماء شريحة من لحم السمك في المختبر، مستخدما منحة صغيرة من ناسا NASA، التي كانت مهتمة آنذاك بتطوير مصادر غذاء لاستخدامها أثناء رحلات الفضاء بعيدة المدى. فقد قام هذا العالم بإزالة **عضلة هيكلية** skeletal muscle من **سمكة ذهبية** goldfish عادية، ومن ثم تنميتها بعيدا عن جسم السمكة. وبعدها قام أحد مساعديه بنقع **اللحم المستنبت** explants في زيت الزيتون والثوم المفروم والليمون والفلفل ثم غمسها في فتات الخبز وقلاها في زيت ساخن. ويقول ‹بينجامينسون› [وهو حاليا أستاذ متقاعد في الكلية Touro في مدينة Bay Shore بولاية نيويورك]: «بعد ذلك قامت مجموعة من الزميلات باختبار منظرها ورائحتها وقد وجدن أن شكلها ورائحتها تشبهان إلى حدٍّ كبير أي نوع من السمك تشتريه من **السوق المركزي** supermarket». ولكن يبدو أن ناسا حينذاك قد توصلت إلى قناعة بأن هناك طرقا أسهل لتزويد رواد الفضاء بالبروتين خلال رحلاتهم الفضائية الطويلة، فامتنعت عن الاستمرار بدعم أبحاث ‹بينجامينسون›.

تستطيع عشر خلايا في الظروف الطبيعية أن تتكاثر لتصبح نحو 50 000 طن متري من اللحم في مدى شهرين. ويكون خط الخلية هذا كافيا لإطعام العالم بأكمله.

استخدم ‹ڤان إيلين› و‹H. P. هاكسمان› [وهو عالم في جامعة أوترِشت Utrecht] المال الهولندي لدعم **تجمع مالي** consortium يهدف إلى بيان إمكانية أخذ خلايا جذعية من حيوانات المزارع واستنباتها وحثها لتصبح خلايا عضلية هيكلية. وتضمن الفريق ممثلا عن شركة اللحوم **ميستر ستيگمان** Meester Stegeman BV والتي أصبحت فيما بعد جزءا من تجمع **سارا لي**[1] في أوروبا، إضافة إلى ثلاثة من العلماء البارزين من ثلاث جامعات هولندية. وكل جامعة تولت دراسة جوانب معينة من عملية استنبات اللحم في المختبر، إذ قام العلماء في جامعة أمستردام بالتركيز على إنتاج **أوساط** media استنبات فعالة، في حين قامت مجموعة جامعة أوترِشت بالعمل على فصل الخلايا الجذعية ودفعها للتكاثر وتحويلها إلى خلايا عضلية، أما مجموعة جامعة آيندهوڤن للتقانة فقد حاولت تدريب خلايا العضلات على النمو بوتيرة أكبر.

وقد حقق العلماء بعض التقدم، حيث نجحوا في إنماء شرائح صغيرة ورفيعة من نسيج عضلي في المختبر. وكان هذا النتاج يشبه قِطَعا من **شرائح اللحم الرقيق** scallop لها نسيج **لَدْن** chewy يشبه **الكلاماري** calamari[2]. ولكن يبقى عدد من العوائق يحول دون الإنتاج على المستوى التجاري. وهنا يقول ‹P. ڤيرشترات›: «لقد كسبنا المعرفة، وتعلمنا الكثير، لكننا لم نحصل حتى الآن من طبق بتري على شيء يشبه في طعمه شريحة لحم من نوع T-bone steak[3].» علما بأن ‹ڤيرشترات› كان ممثلا لشركة ميستر ستيگمان في التجمع المالي ويعمل حاليا مستشارا. ولكن مع مرور الوقت نفدت الأموال الهولندية المرصودة لهذا الغرض.

وحاليا يعبر ‹ڤان إيلين› عن الغضب الذي يعتمل في صدره مُدَّعيا بأن أحد العلماء الذين شاركوا في المشروع كان «غبيا» أما الباقون فقد قاموا باستغلاله واستغلال الحكومة الهولندية للحصول على النقود، ويضيف: «لا أعلم ماذا أنجزوا خلال أربع سنوات سوى الكلام والكلام ثم الكلام، وفي كل عام يستنزفون مزيدا من المال.» ومن جانب آخر يدعي العلماء بأن ‹ڤان إيلين› لم يكن يدرك قطّ صلابة التحديات. وفي هذا المجال يقول ‹B. رولين› [وهو عالم في مجال بيولوجيا الخلية عمل في المشروع في جامعة أوترِشت]: «لقد كانت لديه فكرة ساذجة مؤداها أن بالإمكان وضع خلايا عضلية في طبق اختبار لتقوم بالنمو، وأنك إذا أنفقت مالا في هذا المشروع، فسوف تحصل على اللحم خلال عامين.»

لم يكن ‹ڤان إيلين› الوحيد الذي تخيل حدوث ثورة. ففي عام 2005 بَشّرَت مقالة في *نيويورك تايمز* بأنه من الممكن خلال سنوات قليلة أن تتوافر اللحوم – المستنبتة في المختبر – في الأسواق على شكل نقانق أو فطائر لحم. وقبل شهرين من ظهور هذه القصة نشر الباحثون أول بحث مُحَكّم حول آفاق الإنتاج الصناعي للحم المستنبت وذلك في مجلة ***هندسة الأنسجة*** *Tissue Engineering*. وكان من ضمن مؤلفي البحث ‹J. G. ماثني›، المؤسس المشارك لمجموعة الدفاع عن اللحم المنتج في المختبر New Harvest. علما بأنه من أكثر الناس فهما للتحديات التي يواجهها هذا المجال، إذ يقول: «إن هندسة الأنسجة صعبة جدا وبالغة التكلفة حاليا.» ويضيف: «ومن أجل أن نصل إلى تقبل السوق لهذا الأمر، علينا بشكل أساس

(1) Sara Lee Corporation
(2) الكلاماري: حيوان بحري رخوي ينتمي إلى طائفة رأسيات الأرجل cephalopoda.
(3) شريحة لحم تحتوي على عظمة على شكل حرف T.

أن نحل المشــكلات التقنية التي تزيد مــن تكلفة اللحم الذي تجري هندســته.» ويضيف: «سوف يتطلب ذلك إنفاق الكثير مــن المال، علما بأن عددا محدودا من الحكومات أو المنظمات كانت راغبة في الالتزام بتوفير الدعم المالي اللازم.»

لقد كان التســليم بالفشل بالنسبة إلى العلماء أمرا يتسم بقصر النظر. و هنا يقول <J .M. پوســت> [رئيس قسم وظائف الأعضاء في جامعة ماسترشــت]: «أنا شديد الحماس لهذا الأمر، ولا أدري أي ســبيل يمكن اتباعه للاستمرار بالاعتماد على مصادر اللحم من المواشي، خلال العقود القادمة.»

التجمع مطلوب(*)

من الناحية النظريــة يمكن لمصنع إنتاج اللحم في مختبر أن يعمل بالترتيــب التالي: نحتاج أولا إلى فنيين لعزل خلايا جذعيــة جنينية أو ناضجة من خنزيــر أو بقرة أو دجاجة أو أي حيوان آخــر، وأن يُنَمُّوا هذه الخلايا في مفاعلات حيوية باستخدام مستنبت مشتق من النباتات. ويمكن عندها للخلايا الجذعية أن تنقســم وتعيد الانقســام عدة أشهر وحتى حد معين. وبعدها على الفنيــين أن يوجهوا الخلايا إلى **التمايز** differentiate لتكوين العضلات (بدلا من تكوين خلايا عظمية أو خلايا دماغية مثلا). وأخيرا يجب تجميع الخلايا العضلية وجعلها تتراكم بنظام شبيه بالطريقة التي تبني بها الحيوانات قوتها من خلال التدريب والحركة.

و حاليا تواجه كل مرحلة من مراحل هذه العملية تحديات. وتتمثل إحــدى الصعاب بتطوير خطوط خلايا جذعية يمكنها التكاثــر لفترات طويلة دون أن تقرر فجــأة أنها تريد التمايز بطريقتهــا الخاصة. ويتمثل تحد آخــر بأن تتأكد أن الخلايا الجذعية عند دفعها للتمايز ســوف تتحول غالبيتها العظمى إلى عضلات وفق التعليمات التي صدرت إليها، وهنا يوضح <رولين>: «عند تمايز عشر خلايا، فأنت بحاجة إلى أن تتحول ســبع أو ثمانٍ منها على الأقل إلى خلايا عضلية وليس ثلاث أو أربــعُ خلايًا، علما بأننــا الآن يمكن أن نحصل على 50% من التمايز.»

حــاول العلماء من جامعة أوترشــت اســتخلاص وتطوير خطوط خلايــا جذعية جنينية من الخنازيــر. ويمكن لمثل هذه الخلايا أن تكون قادرة في الظروف العادية على التضاعف كل يوم ولمدة طويلة وهذا يعني أنه يمكن لعشر خلايا أن تنمو لتوفر كمية مذهلة من اللحم المحتمل خلال شــهرين فقط، وهي كمية تقدر بأكثر من خمســين ألف طن متري. وأشــار تقرير صدر عام 2009 عن فريق جامعة أوترشت إلى أن تنمية خلايا جذعية جنينيــة يمكنهــا أن تكون مثالَية لهذا الغــرض، حيث إن هذه الخلايــا تمتلك قدرة غير محدودة (تقريبا) على **تجديد الذات** self- renewal، ويضيــف التقرير «يمكن مــن الناحية النظرية لواحد من خطوط هذه الخلايا أن يكفي لإطعام كل البشر.»

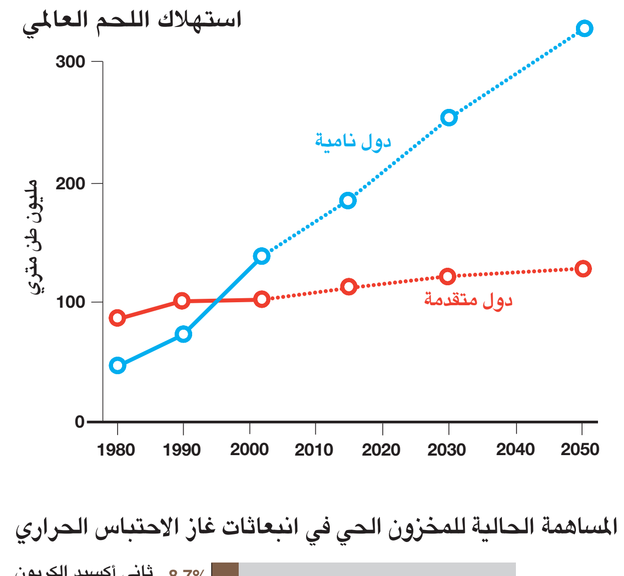
ولكــن خطوط الخلايا هذه لم يمكن تطويرها، إلا في الفئران والأرانب و**قــردة الرِّيص الهنديــة الصغيــرة** rhesus monkeys وبني البشر. أما الخلايا الجنينية من حيوانات المزارع فتميل إلى التمايز، بسرعة ووفق ما يلائمها إلى خلايا متخصصة. وحسب مــا ورد في تقرير فريق جامعة أوترشــت فإن **خلايــا الخنزير** porcine غالبا ما تغير اتجاهها وتتحول إلى **ذُرِّية عصبية** neural lineage – خلايا دماغية وليست **لحم خنزير مقدد** bacon.

وقد تعاملت مجموعة أوترشــت أيضــا مع خلايا جذعية

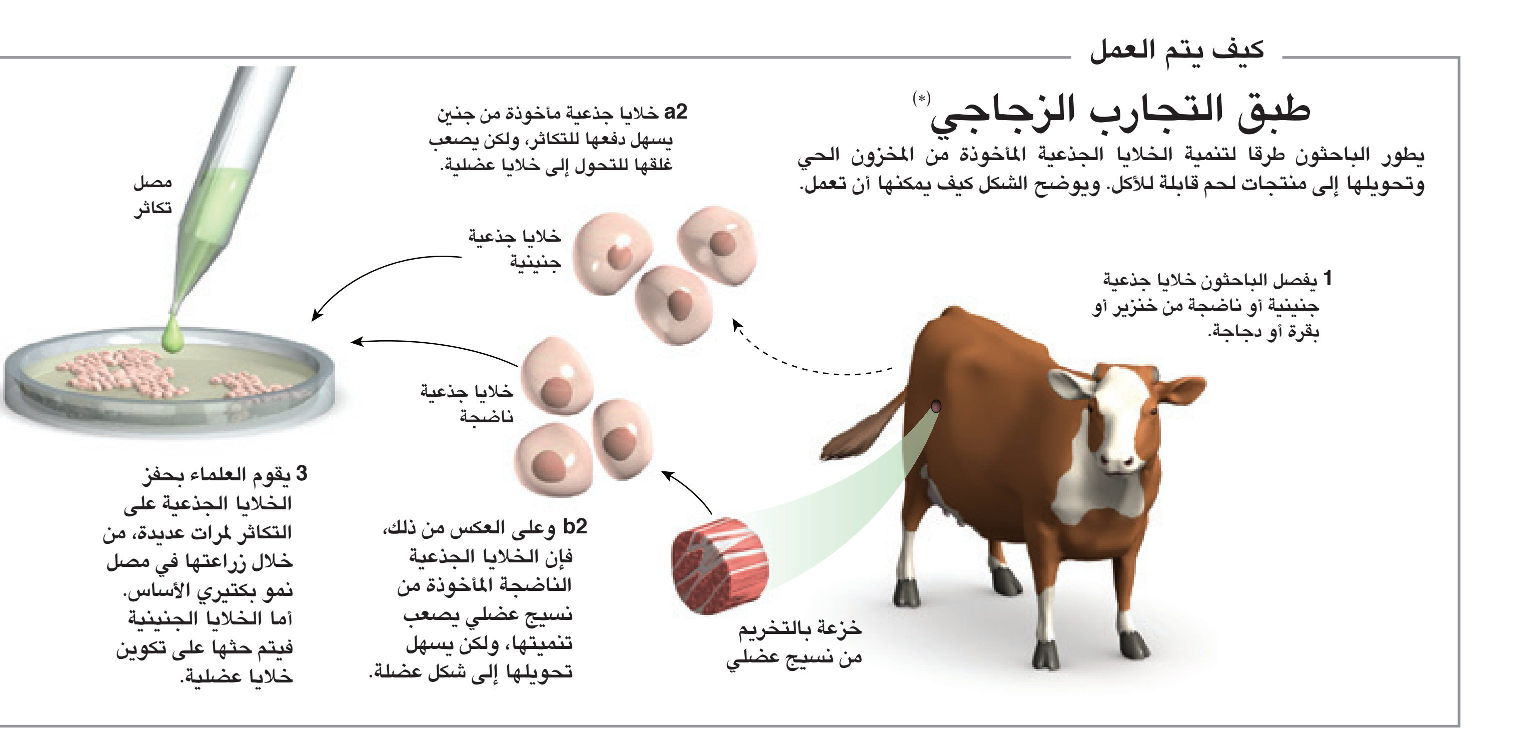
توجهات عالمية

مشكلات تتعلق باللحم(**)

يتنــاول النــاس فــي العالم الغنــي الكثير من اللحــم، كما تـزداد كميات ما يُستـهلك منه في الدول النامية. ويرجع أحد أسـباب ذلك إلى ازدياد أعداد النازحـين إلــى المدن، حيـث تتوفر بُنيــة تحتية أفضل؛ مما يعنـي إمكانية الحفــاظ علــى اللحم مُبردا عبر رحلته من المسلخ إلى المطبـخ، ومع زيادة الطلب على اللحم تزداد كذلك العواقب البيئية. وتتسبب الأنشطة الزراعية المتعلقـة «بالمخـزون الحي» حاليا بما نسـبته (17.8%) من مجمل انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الناجمة عن الأنشطة البشرية.



(*) ASSEMBLY REQUIRED
(**) Meaty Problems



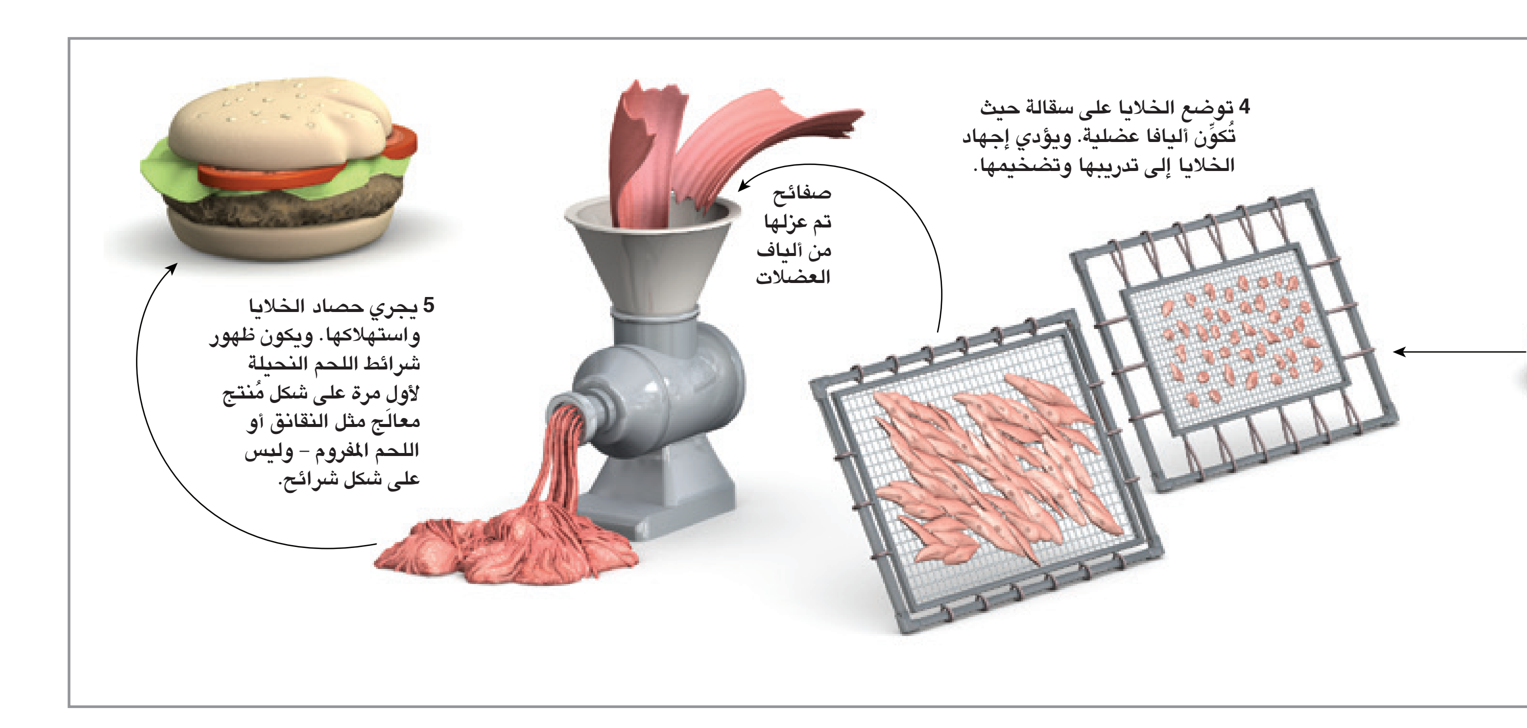
ناضجة تتميز بكونها مسبقة البرمجة إلى حد كبير، وتوجد هذه الخلايا في العضلات الهيكلية (كما توجد أيضا في أجزاء أخرى من الجسم) ولها رسالة محددة: تتمثل بأن تقوم بإصلاح الأنسجة التي تتعرض للإصابة أو التلف. وبناء على ذلك، فإن كنت تهدف إلى إنتاج اللحم في المختبر وتحتاج إلى خلايا جذعية يمكنها بشكل مؤكد تقريبا أن تتحول إلى نسيج عضلي، فإن الخلايا الجذعية الناضجة المستخلصة من نسيج العضلات الهيكلية تشكل الخيار الأفضل، ويمكنها أن تعمل بشكل جيد تماما. إلا أن العلماء حتى الآن لم يتمكنوا من حث هذه الخلايا على التكاثر بالقدر نفسه الذي نجحوا فيه مع الخلايا الجنينية.

هذا وتعد التكلفة عائقا آخر؛ ذلك أن المستنبت الذي يستخدم لتنمية أي نوع من الخلايا الجذعية مرتفع التكلفة؛ وقد تبلغ التكلفة على أساس الأوساط المتاحة حاليا نحو 50 000 دولار أمريكي لإنتاج رطل واحد من اللحم، باستخدام أفضل حمام تغذوي مستخلص من **مصل جنينيّ** fetal serum لعجل أو حصان جرى ذبحهما، وذلك وفق ما أفاد به ‹رولين›. وعبر السنوات الأخيرة طور العلماء **وصفاتهم** recipes الخاصة لأوساط كيميائية محددة لا تشتمل على أي منتجات حيوانية. وباستخدام تقانة: **الدنا المأشوب** recombinant DNA، تمكنوا أيضا من الحصول على خلايا نباتية تنتج بروتينات حيوانية يمكن استخدامها لتنمية اللحم. ولكن كلا نوعي تلك الأوساط يتميز حتى الآن بتكلفته العالية التي تحول دون استخدامه. هذا ويمكن لوسط يعتمد على الطحالب أن يعمل بشكل أفضل، لأن الطحالب بإمكانها إنتاج البروتينات والأحماض الأمينية اللازمة للحفاظ على حياة الخلايا، ولكن هذا الوسط أيضا يعد مكلفا، حتى الآن على الأقل.

وحينما يتمكن الباحثون من الحصول على مصدر كبير للخلايا العضلية، فسيكونون بحاجة إلى الحفاظ عليها حية، **وركمها** bulk. ويمكن حاليا هندسة شريط رقيق من نسيج، ولكن ما أن تزداد ثخانته عن عدة طبقات من الخلايا حتى تبدأ بعض أجزائه بالموت، إذ إن الخلايا تحتاج إلى تزود دائم بالمغذيات لتبقى على قيد الحياة. أما خلايا الجسد الحي، فإنها تتغذى من خلال تدفق الدم في الشرايين والذي يُزيل في طريقه الفضلات أيضا. و حاليا يعمل ‹پوست› على تطوير نظام ثلاثي الأبعاد يمكنه التزويد بمثل تلك المُغذيات.

إضافة إلى ذلك يستكشف ‹پوست› عملية تضخيم الخلايا العضلية ويقول: «عندما تزيل ضماد الجبس الصلب عن كسر أصاب إحدى العظام، فسوف تصاب بالهلع: عندما تلاحظ ضمور العضلات التي ما تلبث أن تعود إلى سابق عهدها في أسبوعين من الزمن. ونحن بحاجة إلى تقليد هذه العملية،» علما بأن الجسم يحقق ذلك بعدد من الطرائق، بما في ذلك التمارين الرياضية. أما ضمن تجهيزات المختبر فيمكن للعلماء أن يحفزوا النسيج بنبضات كهربائية. ولكن هذه العملية مكلفة وغير فعالة، لأنها تؤدي إلى إكثار كمية الخلايا بمقدار عشرة في المئة فقط. أما الطريقة الأخرى فتعتمد ببساطة على توفير **نقاط ارتكاز**

(*) The Petri Dish Platter



anchor points: فحالما تتمكن الخلايا من الإمساك بنقاط ارتكاز مختلفة فإنها تحدث توترا من تلقاء نفسها. وقد وفر ‹پوست› نقاط ارتكاز بإقامة سقالات من بوليمرات سكرية تتآكل مع الزمن. ومن ثم، يقول: «نحن في هذه المرحلة لا نسعى إلى الحصول على خلايا عضلية كالموجودة في عضلات **شوارزينگر**(1).»

وفي ذهن ‹پوست› طريقة أخرى يعتقد أن بإمكانها أن تحقق أفضل النتائج، لكنها أيضا أكثر تعقيدا. إذ إن الجسم بشكل طبيعي يُحَفِّز نمو العضلات من خلال نبضات ميكروية بالغة الصغر باستخدام مواد كيميائية مثل **الأسيتايل كولين**(2) acetylcholine وهذه الكيميائيات زهيدة الثمن، الأمر الذي يجعل، ولو بشكل جزئي، مثل هذه المقاربة مغرية. ويقول ‹پوست›: «ولكن البراعة هنا تكمن في إجرائها على شكل نبضات متناهية الصغر». علما بأن العقبات أمام إجراء ذلك هي تقانية في طبيعتها وليست علمية.

وبطبيعة الحال، فإن تحقيق اختراقات في جميع هذه المجالات يحتاج إلى التمويل. وفي عام 2008 عرض المسؤولون في مؤسسة المعاملة الأخلاقية للحيوانات(3) PETA مليون دولار أمريكي لأول شخص أو مجموعة من الأشخاص يمكنهم تنمية دجاجة في مختبر تجاريا وبطريقة قابلة للتطبيق بحلول عام 2012، ولكن هذا العرض يشكل نوعا من العمل الدعائي والمثير ولا يقدم أي مساعدة للعلماء الذين يحتاجون إلى الدعم المالي لإجراء أبحاثهم الآن. وفي خطوة أكثر جدية قامت الحكومة الهولندية برصد نحو 000 800 يورو لدعم مشروع جديد يمتد إلى أربع سنوات يهدف إلى الاستمرار بأبحاث الخلايا الجذعية في جامعة أوترشت، إضافة إلى إعداد دراسة تتناول المسائل الاجتماعية والأخلاقية المتعلقة بموضوع إنتاج اللحم في المختبر.

عامل الرفض والإحجام(*)

يرى البعض أن القبول الاجتماعي يشكل العائق الأكبر على الإطلاق في طريق إنتاج اللحم في المختبر وعلى نطاق تجاري. ويقول ‹توميستو› [من جامعة أكسفورد]: «لقد عرضت على العلماء مصطلح **اللحم المستنبت (المستولد)** cultured meat، ورأوا جميعا أن هذه فكرة عظيمة، لكنني حينما أتحدث مع غير العلماء أحس بأنهم أكثر خوفا من هذه الفكرة، إذ إنها تبدو مرعبة، مع أن هذا اللحم يتكون أساسا من نفس مواد اللحم الطبيعي، وهي الخلايا العضلية. ويكمن الاختلاف فقط في طريقة الإنتاج.»

وتشرف ‹C. ڤان دير فيلي› [من جامعة واگينينگن Wageningen] على الجوانب الفلسفية للدراسة الهولندية (فعلى سبيل المثال تبحث ما إذا كان هناك حاجز معنوي يحول دون تقبل اللحم المستنبت، أم إنه مكروه من الناحية

(*) THE ICK FACTOR. إن كلمة ick مشتقة من كلمة sick؛ وتستخدم عادة للإشارة إلى الأشياء التي لا نحبها ونعرض عنها.
(1) شوارزينگر Schwarzenegger: هو بطل كمال أجسام أمريكي، أصبح فيما بعد ممثلا ثم رجل أعمال وإلى وقت قريب حاكما لولاية كاليفورنيا الأمريكية.
(2) الأسيتايل كولين acetylcholine: هو موصل عصبي لكل من الجملتين العصبيتين المحيطية والمركزية.
(3) People for the Ethical Treatment of Animals

التتمة في الصفحة 63

آخر احترار عالمي كبير(*)

تشير أدلة جديدة غير متوقعة إلى أنّ معدل ارتفاع حرارة الكرة الأرضية الأشد خلال عصور ما قبل التاريخ بدا بطيئا مقارنة بما نواجهه في الوقت الحاضر. وفي هذه الحادثة المهمة دروس من أجل مستقبلنا.

<L. R. كامپ>

تجـذب الدببة القطبيــة الزائرين إلى سبيتسـبرگين Spitsbergen، وهي الجزيــرة الكبرى في أرخبيل سـڤالبارد بالنرويــج، ولكن ما جذبني إليها هو صخورها. لقد ســافرت في صيف عام 2007 مع زملائي - وكلنــا جيولوجيون وعلماء في المناخ - إلى هذه الجزيرة القطبية الشمالية النائية لاكتشاف دليل قاطع على ما كان يعدّ في ذلك الحين أشــد احتــرار عالمي حدث في جميع الأزمان. وكان يتطلب الوصول إلى التكشــفات الصخرية التي قد تحوي هذه البراهين ســفرا وعرا مدة ساعتين من المسكن الذي كان يستعمله عمال الفحم الحجري في قرية لونجياربيين، وهكذا فقد خرجنا في الصبــاح الباكر بعد أن أمضينا ليلتنا هناك للاستراحة. وأثناء سيرنا مجهدين فوق جيوب من الثلج الزلق والنباتات المقزّمة، تصورت زمنا سادت فيه على الأرجح أشجار النخيل والسراخس والتماسيح في هذه المنطقة.

وإذا عُـدت إلى ذلك الزمن، أي إلى قرابة 56 مليون ســنة خلت، لكنــت تصببت عرقا عوضــا أن أقاوم البرد. فقد أشــارت الأبحــاث إلى أنّه فــي غضون بضعة آلاف من الســنين، وهي مجرد برهة قصيرة في الزمن الجيولوجي، ارتفعت درجات الحرارة العالمية خمس درجات مئوية، فميّزت حدثا هو **حمّى الكوكب** planetary fever، والذي أطلق عليه العلمــاء مصطلح **فترة الحد الحــراري الأقصى الپاليوســيني الإيوســيني بيتــم** (PETM)[1]. فقــد زحفت المناطق المناخية نحو قطبي الأرض على اليابســة وفي البحار دافعــة النباتات والحيوانات إلى الهجرة أو التكيف أو الموت. ففي بعــض مناطق أعمــق أغوار المحيــط ازدادت حموضة مياهها وأصبحت أقل غنىً بالأكسجين مبيدة بذلك الكثير من **المتعضيات (الكائنــات الحية)** organisms التي كانت تعيش فيهــا. فقد اســتغرقت مواد الأرض الطبيعية 000 200 ســنة

(*) THE LAST GREAT GLOBAL WARMING
(١) Paleocene-Eocene Thermal Maximum

باختصار

ارتفعت درجة الحــرارة العالمية خمس درجات مئوية منذ 56 مليون ســنة نتيجة حقن كميات كبيرة من غــازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي.

وذلك الانطلاق الشديد من الغاز يعادل 10% فقط من معــدّل انطلاق غازات الاحتباس الحراري الحابسة للحرارة التي يجري تراكمها في الغلاف الجوي في الوقت الحاضر.

فالسـرعة الحالية في زيـادة الحرارة مقلقة أكثر من الحجــم المطلق لهذا التراكم، وذلــك للصعوبة البالغــة للتكيّف مــع تغيّر مناخي سريع.





المؤلف

Lee R. Kump

أستاذ علوم الأرض في جامعة ولاية بنسيلڤانيا وأحد مؤلفي كتاب **تنبؤات كارثية** Dire Predictions: فهم الاحترار العالمي (DKAdult, 2008). *وهو متخصّص في* ***الحُمّيات الكوكبية*** planetary fevers.

تقريبا لتخفيض هذه الحمّى.

ولفترة **بيتم** [ارتفاع حرارة الكوكب أو الحد الحراري الأقصى الپاليوسيني الإيوسيني] بعض الشبه المدهش بالتغيّر المناخي الظاهر للعيان الذي يسبّبه الإنسان في الوقت الحاضر. والشبه الأكثر وضوحا هو أنّ المسبّب لهذا التغيّر كان الحقن الكبير لغازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي وفي المحيطات، وهو بكميات تعادل حجم ما يمكن أن يطلقه حرقنا المستمر للوقود الأحفوري من غازات في القرون القادمة. إن معرفة ما جرى بدقة خلال فترة **بيتم** يمكن أن تساعدنا على التنبؤ بما سيكون عليه مستقبلنا. فحتى وقت قريب توصّلت الأسئلة الصريحة عن الحدث إلى تنبؤات تقريبية في أحسن الأحوال. فقد وفرت الإجابات الجديدة توضيحات معقولة وأشارت إلى أنّ عواقب آخر احترار عالمي كبير على كوكب الأرض بدا بطيئا مقارنة بما ينتظر في المستقبل، وأضافت المزيد من الدعم إلى التنبؤات بأن البشرية سوف تعاني إذا بقي مسارنا على حاله دون تغيير.

مؤامرة الاحتباس الحراري(*)

وفي الوقت الحاضر يعتقد الباحثون أنّ فترة **بيتم** كشفت عن شيء ما مشابه: بدأت فترة **بيتم** بشكل ما، تماما كما هو الحال في أزمة مناخنا الحالية، مع حرق الوقود الأحفوري. ففي ذلك الوقت كانت القارة العملاقة پنجيا Pangaea في مراحل تقسّمها النهائي، وكانت القشرة الأرضية تتمزّق إلى أجزاء متباعدة لتشكيل الجزء الشمالي الشرقي من المحيط الأطلسي. ونتيجة لذلك، صعدت أحجام ضخمة من الصخور المنصهرة مع حرارة شديدة عبر الكتل القارية التي تشمل أوروبا وگرينلاند مسخنة تلك الرواسب الغنية بالكربون وربما حارقة شيئا من الفحم الحجري والنفط بالقرب من السطح. وبدورها أطلقت الرواسب المسخنة كميات كبيرة من الغازين الفعالين من غازات الاحتباس الحراري: ثاني أكسيد الكربون والميثان. واستنادا إلى الحجم الهائل من الانبعاثات البركانية كانت البراكين، على الأرجح، سبب التراكم الأولي لغازات الاحتباس الحراري التي تُقدّر ببضع مئات من **الپيتاغرامات** petagrams (الپيتاغرام = 10^{15}g) من الكربون، أي ما يكفي لرفع درجة الحرارة العالمية درجتين مئويتين. ولكن معظم التحليلات، بما في ذلك تحليلاتنا، تقترح بأن وصول فترة **بيتم** إلى درجة حرارتها القصوى، قد تطلّب ما هو أكثر من ذلك.

بدأت مرحلة احترار ثانية أشد عندما أطلقت الحرارة الناجمة عن البراكين أنماطا أخرى من الغازات. ذلك أنّ حركة مياه المحيطات الطبيعية التي نقلت الدفء إلى قاع البحر البارد أخلّت، على ما يبدو، باستقرار الخزّانات الضخمة من رواسب هيدرات الميثان المتجمدة المدفونة هناك. وحالما كانت هيدرات الميثان تذوب، كانت تطلق فقاعات غاز الميثان إلى السطح، مضيفة المزيد من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي. وغاز الميثان في الغلاف الجوي يحبس الحرارة بفعالية أعلى مما يحبسه ثاني أكسيد الكربون، ولكنه يتحوّل بسرعة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. وطالما استمر انطلاق غاز الميثان كان يستمر معه ارتفاع تركيزاته مضخما بذلك شدة مفعول الاحتباس الحراري وزيادة الحرارة الناتجة.

وربما تزامنت مع ذروة الاحترار الناجم عن ذوبان الهيدرات سلسلة من ردود الأفعال الإيجابية الأخرى، مطلقة بذلك المزيد من ثاني أكسيد الكربون من مخزوناته على اليابسة. إنّ تجفيف أو تحميص أو حرق أي مادة سواء أكانت حية الآن أو فيما مضى، يطلق غازات الاحتباس الحراري. ومن المحتمل أنّ فترات الجفاف قد حصلت في كثير من أنحاء الكرة الأرضية، بما في ذلك غرب الولايات المتحدة وأوروبا الغربية، كانت تعرّض على الأرجح الغابات و**أراضي الخث**[1] (نوع من الفحم الحجري) للجفاف؛ وفي بعض الحالات، لاكتساح حرائق هائلة مطلقة المزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ومن المحتمل أن تكون الحرائق التي ينطلق دخانها ببطء من طبقات الخث والفحم، والتي من المعروف أنها تستمر لعدة قرون في العصور الحديثة، كانت تحافظ على نشاط إطلاق الغاز.

ويحتمل أيضا أنّ ذوبان الأراضي الدائمة التجمد في المناطق القطبية قد أدى كذلك إلى تفاقم الوضع. فالأرض الدائمة التجمّد التي تحبس النباتات الميتة لملايين السنين تشبه لحم الهمبوركر المتجمّد في الثلاجة. وإن وضع هذا اللحم على طاولة المطبخ يصيبه بالعفن. وكذلك، عندما تذوب الأراضي الدائمة التجمّد فإنّ الميكروبات تلتهم ما تخلّف عن الذوبان مطلقة الكثير من غاز الميثان. وما يقلق العلماء هو أنّ انطلاق الميثان من القطب الشمالي الذائب يمكن أن يزيد كثيرا من الاحترار الحالي الناجم عن حرق الوقود الأحفوري،

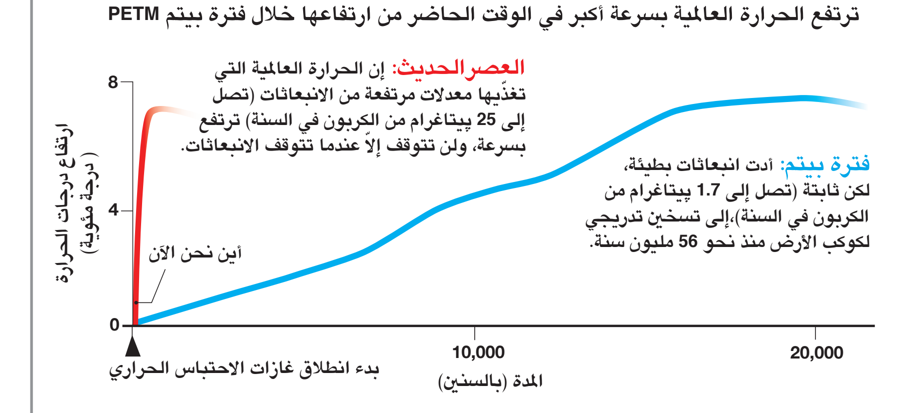
(*) GREENHOUSE CONSPIRACY

(1) peat lands

اكتشاف مدهش

من حين إلى آخر(*)

يعتمد مدى سرعة الاحترار العالمي على مدى سرعة تراكم غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. وتتوقع التقديرات ارتفاع درجة الحرارة قرابة ثماني درجات مئوية في عام 2400، وذلك إذا استمر حرق الوقود الأحفوري وبقي عزل الكربون دون تغيير. فحجم انطلاق الكربون المقدّر بنحو 5000 بيتاغرام، يماثل في الحجم ما غذّى فترة الحد الحراري الأقصى الپاليوسيني الإيوسيني بيتم، لكن المعدل السابق [في فترة بيتم]، الذي كان يعتقد فيما مضى أنه سريع، كان أبطأ من سرعته في الوقت الحاضر.



وكذلك كان الإسهام المحتمل لذوبان الطبقات الدائمة التجمّد خلال فترة **بيتم** أكبر بكثير. فقد كان الكوكب أكثر دفئا في ذلك الحين، لذا فإنه حتى قبل فترة **بيتم**، كانت القارة القطبية الجنوبية تفتقر إلى الأغطية الجليدية التي تغطي الأراضي المتجمدة في الوقت الحاضر. ولكن تلك القارة كانت لا تزال تحوز على أراض دائمة التجمّد، وجميعها تُرك ليذوب بالضرورة في نهاية المطاف.

وعندما بدأ إطلاق الغازات، امتصت المحيطات الكثير من ثاني أكسيد الكربون (وغاز الميثان الذي كان يتحوّل لاحقا إلى ثاني أكسيد الكربون). فقد ساعد العزل الطبيعي للكربون في البداية على بدء عملية الاحترار. و بعد ذلك تسرب الكثير من الغاز في النهاية إلى أعماق المحيطات وأحدث مزيدا من حمض الكربونيك، وهي عملية تعرف **بالتحمض** acidification. وإضافة إلى ذلك، وبقدر ما كانت مياه البحر العميقة تسخن كان محتواها من الأكسجين يتناقص (إذ لا يمكن للمياه الدافئة أن تحتجز القدر نفسه من هذا الغاز الداعم للحياة الذي يحتجزه الماء البارد). وقد سببت هذه التغييرات كارثة لبعض **المتعضيات الميكروسكوبية** microscopic organisms المسماة **المنخربات** foraminifera التي كانت تعيش على قاع البحر وضمن رواسبه. فالسجل الأحفوري يكشف عن عدم قدرتها على التكيّف، إذ انقرض من أنواعها ما نسبته 30 إلى 50 في المئة.

معرفة لُبِّيّة(**)

كان واضحا منذ عام 1990 أن الانطلاق الواسع النطاق لغازات الاحتباس الحراري هو الذي أوقد فترة **بيتم**، وذلك عندما جرى اكتشاف ذلك لأول مرة من قبل اثنين من الباحثين في كاليفورنيا في سجل مناخي يمتد إلى ملايين السنين استُخلص من **لُبّ (قوارة)** core رواسب استخرجت من قاع البحر بالقرب من القطب الجنوبي. ولكن تفصيلات هذا الانطلاق لم تكن واضحة تماما بما في ذلك كمية الغاز المنطلقة ونوعيته التي سادت، والمدة التي استغرقها انطلاقه، وما الذي سرّع هذا الانطلاق.

وفي السنوات التي تلت ذلك الاكتشاف، حلّل عدد كبير من العلماء مئات من **لُبُوب (قوارات)**[1] الرواسب الأخرى المستخرجة من السبور التي حفرت في أعماق البحار للبحث عن الأجوبة. فعندما تتوضّع الرواسب ببطء، طبقة بعد طبقة، فإنها تحبس المعادن – بما في ذلك بقايا هياكل الكائنات الحية البحرية – التي تحتفظ ببصمات (أدلة) تدل على تركيب المحيطات التي تعيش فيها، أو تركيب الغلاف الجوي، إضافة إلى أشكال من الحياة التي كانت موجودة في زمن الترسيب. فالمزيج من الأشكال المختلفة لذرات الأكسجين، وبتعبير آخر لنظائره، في بقايا الهياكل كان يكشف، على سبيل المثال، عن درجة حرارة المياه.

ولبوب (قوارات) تلك الرواسب تقدّم عندما تحفظ حفظا جيدا سجلا جميلا لتاريخ المناخ. ولكنّ العديد من تلك اللبوب التي تشمل فترة **بيتم** لم تكن في حالة جيدة. فقد كانت أجزاء منها مفقودة، والأجزاء المتبقية تفتتت مع مرور الزمن. وعادة ما تكون رواسب قاع البحر غنية بمعدن كربونات الكالسيوم، وهو المركب الكيميائي نفسه الموجود في الأقراص المضادة لحموضة المعدة. وخلال فترة **بيتم** كانت الزيادة في حموضة مياه المحيطات تفكّك الكثير من الكربونات في رواسب الطبقات نفسها التي كانت يجب أن تمثّل الأوضاع القصوى لفترة **بيتم**.

وهذا هو السبب الذي دعاني وزملائي إلى عقد اجتماع في سبيتسبرگين في عام 2007 مع مجموعة من الباحثين من بريطانيا والنرويج وهولندا برعاية شبكة الجامعات العالمية. كان لدينا مسوّغ للاعتقاد أن صخور هذا الجزء من القطب الشمالي التي كانت مكوّنة، كليا تقريبا، من الطين والغضار يمكن أن توفر سجلا مكتملا لذلك الحدث القديم من الاحترار

(*) Now and Then
(**) CORE KNOWLEDGE، أو: معلومات عن قوارات الرواسب.
(1) cores

ويحل في النهاية بعض الأسئلة التي لم تجر الإجابة عنها بعد. لقد أردنا في الواقع أخذ عيناتنا من هضبة تعرّضت للانحتات، وليس من تحت قاع البحر. فالرواسب التي كنّا نفتش عنها ترسبت في حوض قديم للمحيط، وارتفعت فوق مستوى البحر بفعل حركات القوى التكتونية التي حدثت بعد فترة **بيتم**، حيث نَحَتّتْها فيما بعد جليديات العصر الجليدي إلى سلسلة جبال سبيتسبرگين المدهشة المؤلفة من جبال شاهقة شديدة الانحدار ووديان واسعة.

بعد تلك الرحلة الاستكشافية الأولى من لونكيربين Longyearbyen، وحين كنا نضع خططا للعمل الميداني وأخذ العينات الصخرية، اكتشفنا ما خلصنا من حمل أثقال. فقد أعلمنا أحد الجيولوجيين المحليين المخططين للمستقبل أن شركة التعدين النرويجية التي كان يعمل لحسابها استخرجت قبل سنوات لبوبا (قوارات) من طبقات رواسب فترة **بيتم**. وقد أخذ على عاتقه حفظ كيلومترات من تلك اللبوب على أمل أن تسنح الفرصة يوما ما للعلماء بأن يستفيدوا منها. وقد قادنا إلى كوخ معدني كبير على مشارف المدينة حيث يوجد الآن اللب الذي قُطّع إلى إسطوانات بطول 1.5 متر مخزنة في مئات الصناديق الخشبية المسطحة. وقد تركّزت جهودنا طوال المدة الباقية من تلك الرحلة، وخلال الزيارة الثانية في عام 2008، على الحصول على عينات من أجزاء مختارة من ذلك اللب الطويل.

وعند عودتنا إلى المختبر استخلصنا من تلك العينات، وعلى مدى عدة سنوات، بصمات كيميائية نوعية يمكن أن تزودنا بمعلومات عن حالة الأرض في فترة **بيتم**. ولفهم المزيد عن محتوى غازات الاحتباس الحراري في الجو، درسنا المزيج المتغيّر من نظائر الكربون، الذي كنا نكتشفه على الأغلب في المواد العضوية المحفوظة في رواسب الغَضار. ومن خلال عمليات الاستخراج والتحاليل لأكثر من 200 طبقة من اللب، أمكننا إعادة بناء الكيفية التي تغيّرت خلالها هذه العوامل مع الزمن. وكما توقعنا كانت بصمات نظائر الكربون تتغيّر في الطبقات تغيّرا كبيرا، وعرفنا من خلالها أنّ عمر هذه الطبقات يعود إلى ما قبل 56 مليون سنة تقريبا.

زمن ممتد(*)

أظهرت لبوب القطب الشمالي أنّها خاصة جدا. فهي الأولى التي تسجّل كامل مدة تسخين فترة **بيتم** وعودتها إلى حالتها العادية، فقد زودتنا بأكمل صورة عن الفترة التي كانت غازات الاحتباس الحراري تنطلق خلالها في الغلاف الجوي. وكنا نتوقع أن الدقة غير المسبوقة لهذه السجلات المناخية ستوفر في نهاية المطاف أدق الإجابات الحاسمة المتوافرة حتى الآن عن

نتائج

دروس مستقاة من الاحترارات العالمية السابقة(**)

سخونات (حميات) كوكب الأرض المفاجئة – كمثل السيناريو الذي يجري في الوقت الحاضر – هي أشد وطأة على الحياة من ارتفاعها الأبطأ. ويبين السجل الأحفوري أن التغيّر البطيء إلى دفيئة hothouse خلال فترة ما قبل 120 إلى 90 مليون سنة، أثناء الدور الكريتاسي، كان غير مؤذ، مقارنة بالتغير في فترة بيتم، الذي كان أسرع بألف مرة. وقد خضعت الفترة الأخيرة منذ مدة طويلة للدراسة لإيجاد أدلة على المدى الذي سينتهي إليه الاحترار العالمي الحالي، ولكن التغيّر الحراري الحالي الأسرع يشير إلى أن عواقبه على الحياة على الأرض ستكون أقسى من أي تغيّر جرى من قبل.



كمية ومصدر ومدة انطلاق الغازات. ولكنّ، للحصول على تلك النتائج، كان علينا أن نذهب إلى ما هو أبعد من مجرد استقراء تركيب وتركيز المواد في اللبوب. فقد طلبنا إلى <Y. كوي> [تلميذي في الدراسات العليا بجامعة ولاية بنسلڤانيا]، عمل نموذج حاسوبي محنك يحاكي الاحترار بناء على ما عرفناه من التغيرات التي طرأت على بصمات نظائر الكربون المستخلصة من لبوب القطب المتجمد الشمالي ودرجة انحلال كربونات قاع البحر المستخلصة من لبوب أعماق البحر.

جرّب <كوي> سيناريوهات مختلفة استغرق كل منها شهرَ عملٍ على الحاسوب لإنهاء قصة فترة **بيتم** الكاملة. وقد افترضَ البعض إسهامات أكبر لهيدرات الميثان، على سبيل المثال، وافترض البعض الآخر إسهامات أكبر لمصادر غاز ثاني أكسيد الكربون. والسيناريو الأمثل الذي يتوافق أفضل ما يكون مع الأدلة المادية كان يتطلّب إضافة ما بين 3000 و 10 000 بيتاغرام من الكربون إلى الغلاف الجوي والمحيطات، وهذا أكثر ممّا يمكن أن تطلقه البراكين أو هيدرات الميثان؛ لذلك يجب أن تكون قد أسهمت أيضا المناطق المتجمدة، أو الخث والفحم الحجري. ويقع هذا التقدير عند الحدود العليا من قيم التقديرات التي كانت

(*) STRETCHING TIME
(**) LESSONS FROM PAST WARMINGS



تســـتند من قبل إلى بصمـــات النظائر من لبوب وإلى نماذج حاسـوبية أخرى. ولكن الذي فاجأنا أكثـــر هو أنّ انطلاق الغازات كان يحدث طوال 20 000 ســـنة تقريبا – وهي فترة زمنيـــة أطول من مرتين إلى 20 مرة من الفترة التي تم التنبؤ بها من قبل. وطول هذه المدة يدل ضمنا على أنّ معدل الحقن خلال فترة **بيتم** كان أقل من 2 پيتاغرام في الســـنة – وهو مجرّد جزء صغير من معدل ما يطلق حرق الوقود الأحفوري من غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي في الوقت الحاضر. وفـــي الواقع يجري على الأرجح ارتفاع تركيزات ثاني أكســـيد الكربون الآن بسرعة أكبر بنحو 10 مرات مما كانت عليه خلال فترة **بيتم**.

وهذا الفهم الجديد له انعكاسات عميقة بالنسبة إلى المستقبل. إذ يخبرنا الســـجل الأحفوري أن تأثير ســـرعة تغير المناخ في الطريقة التي تتكيف بها أشكال الحياة والنظم الإيكولوجية أكبر بكثير من تأثيره في حجـــم التغير. وتماما كما تفضلون عناقا من صديق علـــى لكمة في المعدة، تســـتجيب الحياة للتغيّرات البطيئة بإيجابية أكثر من استجابتها للتغيرات السريعة. وهذا مـــا كان عليه الحال خلال التغيّر الحدّي نحو **مناخ مســـتنبت مدفأ**[1] خلال الزمن الكريتاســـي (الـــذي انتهى قبل 65 مليون ســـنة، عندما قتل صدم كويكب لـــلأرض الدينوصورات). لقد كان الحجـــم الكلي لاحترار الاحتبـــاس الحراري خلال الزمن الكريتاسي مماثلا لحجم الاحترار الذي حصل في فترة **بيتم**، غيـــر أنّ الحدث الأول امتد ملايين الســـنين، بـــدلا من آلافها، ولذلك لم يحدث انقراض ملحوظ للكائنات الحية؛ فقد كان لدى الكرة الأرضية وسكانها الكثير من الوقت للتكيف.

لســـنوات اعتبر العلماء أنّ فترة **بيتم** المثال الأفضل للحدّ الأقصى المقابل:أي لأســـرع تغيّـــر مناخي عُرِفَ في أي وقت مضى، والذي ينافس أكثر التنبؤات تشـــاؤما للمستقبل. وفي ضـــوء ذلك، فإن نتائـــج فترة **بيتم** لم تَبدُ أنها ســـيئة للغاية. ففي ما عدا المنخربات القليلـــة الحظ في أعماق البحار، فإن جميـــع الحيوانات والنباتـــات نجت على ما يبـــدو من موجة الحرارة – حتـــى ولو اضطرت إلى القيـــام ببعض التكيّفات الجديـــدة للبقاء على قيد الحياة. فبعـــض المتعضيات تقزّمت، فقد كانت ثدييات فترة **بيتم** على وجه الخصوص، أصغر من أســـلافها وأنسالها على حد ســـواء، وربما كان تغيّرها نحو التقزّم يعود إلى أن الأجســـام الأصغـــر تكون بحالة صحية أفضل عند تبديدها الحرارة، من الأجسام الأكبر حجما، وقد تقزّمت أيضا الحشرات والديدان التي تعيش في الجحور.

لقد أنقذت هجرة واســـعة نحو القطـــب مخلوقات أخرى، حتـــى إنّ بعضها ازدهر في أراضيها الموســـعة. ففي البحر، انتقلت أفراد الجنس ***أپيكتوديُنيوم*** *Apectodinium* وهي من

(١) hothouse climate أو مناخ دفيئة.

السوطيات الدوامة dinoflagellate، التي تعيش عادة في المناطق شبه المدارية، إلى المحيط المتجمد الشمالي. وعلى اليابسة، هاجر العديد من الحيوانات التي كانت محصورة في المناطق المدارية إلى أمريكا الشمالية وأوروبا لأول مرة، بما في ذلك السلاحف والثدييات الحافرية. وقد أتاح هذا التوسع الكثير من الفرص أمام الثدييات للتطور وملء مواطن جديدة، وكانت له نتائج عميقة على البشر: فقد تضمّن ذلك التنوع الكبير نشوء الرئيسات.

هل حدث ذلك بسرعة عالية؟(*)

بعد أن صرنا نعلم الآن أنّ سرعة فترة **بيتم** كانت معتدلة في أسوأ الأحوال، ولم تكن في الواقع سريعة جدا، فإنّ أولئك الذين زعموا أنّ نتائجها البيولوجية حميدة، لتبرير التأثير غير المؤذي لاحتراق الوقود الأحفوري، يحتاجون إلى التفكير مرة أخرى. وللمقارنة، يحدث التغيّر المناخي الجاري حاليا بسرعة خطيرة. ففي غضون عقود، أدّى اجتثاث الغابات والسيارات ومحطات توليد الطاقة من الفحم الحجري اللازمة للثورة الصناعية إلى زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون بأكثر من 30 في المئة، ونحن الآن نضخ تسعة بيتاغرامات من الكربون في الغلاف الجوي كل عام. وتشير التقديرات، التي تأخذ بالحسبان النمو السكاني والتصنيع المتزايد في الدول النامية، إلى أن تلك النسبة يمكن أن تصل إلى 25 بيتاغرام كل سنة قبل أن تُستنفد جميع احتياطيات الوقود الأحفوري.

وعادة، يركّز العلماء وصناع السياسة المهتمين بالتأثيرات المحتملة للتغيّر المناخي في المنتجات النهائية، وتُطرح الأسئلة التالية: ما هي كمية الجليد التي ستذوب؟ وما هو الارتفاع الذي سيصل إليه مستوى البحر؟ إلاّ أن الدرس الجديد المستفاد من البحث في فترة **بيتم** يوجب عليهم أن يسألوا أيضا: بأي سرعة سوف تحدث هذه التغيّرات؟ وهل سيكون لسكان الأرض الوقت الكافي للتكيف؟ وإذا كان التغيّر يحدث بسرعة أكبر مما ينبغي أو إذا كانت عوائق الهجرة أو التكيف تبدو كبيرة، فإنّ الحياة تنقرض: تنتهي الحيوانات والنباتات إلى الانقراض، و يتغيّر المظهر العام للعالم لآلاف السنين.

ونظرا لأنّنا موجودون في الفترة المبكرة من الارتفاع الحالي لحرارة الأرض، فمن الصعب التنبؤ بما ينتظرنا في المستقبل. ولكننا نعرف بالفعل أشياء قليلة. وكما لُخّص في آخر تقارير **اللجنة الدولية ما بين الحكومات لتغير المناخ**(1)، فإنّ النظم البيئية كانت تستجيب بحساسية لارتفاع درجة حرارة الأرض. وهناك أدلة واضحة على زيادة حموضة الطبقات السطحية من المياه وما ينتج منها من إجهادات على الحياة البحرية [انظر: «*تهديد الحياة البحرية من الداخل إلى الخارج*»، **العلوم**، العددان 10/9 (2010)، ص 78]. كما أن انقراض الأنواع آخذ بالازدياد، وتغيير مواقع المناطق المناخية دفع بالفعل النباتات والحيوانات الباقية على قيد الحياة إلى تغيير مواقعها، وغالبا ما كانت تحمل معها آفات ممرضة وأنواعا أخرى مؤذية تغلّبت عليها في مناطقها الجديدة. وبخلاف النباتات والحيوانات التي عاشت خلال فترة **بيتم** تواجه النباتات والحيوانات حاليا طرقا وسككا حديدية وسدودا ومدنا وبلدات تعترض طرق هجرتها إلى مناخ أكثر ملائمة. وفي هذه الأيام تنحصر بالفعل معظم الحيوانات الكبيرة في أمكنة صغيرة بفعل فقدان المواطن المجاورة؛ وفي كثير من الحالات، ستنعدم فرصها في الانتقال إلى خطوط عرض جديدة للبقاء على قيد الحياة.

إضافة إلى ذلك، يستمر ذوبان الجليديات والأغطية الجليدية مما يسبب ارتفاع مستوى البحار؛ وتتعرض الشعاب المرجانية على نحو متزايد للأمراض والإجهاد الحراري؛ وتشيع أيضا فترات الجفاف والفيضانات أكثر من قبل. وفي الواقع، يمكن للتغيّرات في أنماط معدلات هطول الأمطار وارتفاع خطوط الشواطئ عندما يذوب الجليد القطبي، أن تسهم في الهجرات الجماعية البشرية على نطاق لم يسبق له مثيل، وقد بدأ بعضها بالفعل [انظر: «*مصائب التغيّر المناخي*»، **العلوم**، العددان 6/5 (2011)، ص 38].

إنّ الاحترار العالمي الحالي هو في طريقه إلى تجاوز فترة **بيتم** بأشواط بعيدة، ولكن ربما لا يكون الوقت متأخرا جدا لتجنب الكارثة التي تنتظرنا. وللقيام بذلك يجب على جميع شعوب العالم اتخاذ إجراءات فورية لإنقاص تراكم ثاني أكسيد الكربون الجوي – وضمان أن تبقى فترة **الحد الحراري الأقصى الپاليوسيني الإيوسيني (بيتم)** هي فترة آخر احترار عالمي كبير. ■

(*) TOO FAST?
(1) Intergovernmental Panel on Climate Change

مراجع للاستزادة

The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future. Francesca A. McInerney and Scott L. Wing in *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol. 39, pages 489-516; May 2011.

America's Climate Choices. Committee on America's Climate Choices, National Research Council of the National Academies. The National Academies Press, 2011.

Slow Release of Fossil Carbon during the Palaeocene-Eocene Thermal Maximum. Ying Cui et al. in *Nature Geoscience* (in press).

Scientific American, July 2011

تتمة الصفحة 55 (داخل مختبر اللحم)

الأخلاقيــة، أم إنه خليط من الاثنــين؟). ولقد أثارت اهتمامها تلـك الانفعالات العاطفية التــي تكونت لدى البعض نحو هذه الفكرة، وتقول: «نحن نســمي هــذه **ردة فعل سـلبية** yuck response، إذ يعتقــد الناس في البداية أن هذا اللحم قد يكون ملوثا أو مثيرا للاشمئزاز.»

وتلاحــظ ‹ڤان دير فيلي› أن ذلك الإدراك الحســي يمكن أن يتغير بســرعة، وتشير إلى أن الناس غالبا ما يربطون بين اللحم المســتنبت وبين فكرتين أخريين: تتعلق الأولى بالأطعمة المعدلــة وراثيا، والتــي غالبا ما يُنظر إليها فــي أوروبا على أنهــا مخطط خطير للشــركات الكبرى يهدف إلى الســيطرة أو التحكــم في مصادر الغذاء؛ أمــا الثانية، فتتعلق بالإدراك الحســي السلبي تجاه صناعة اللحوم بشكل عام، وما يرتبط بها من مشــكلات مزارع التصنيع والأمراض وسوء معاملة الحيوانات. وإذا ما أدرك الناس حقيقة اللحم المســتنبت وأنه غيــر معدل وراثيا، ويمكن أن يكــون نظيفا وبديلا عن مزارع التصنيــع وصديقــا للحيوانات، فإنها ترى أن «الاســتجابة المروعة والشديدة السلبية عادة ما تزول سريعا.»

وبطبيعة الحال، فإن مثل هذه الملاحظات هي مجرد أقاويل، فالدراســة المزمع إجراؤها هي التي ســوف تقدرالاستجابة الشــعبية للحم المختبرات بشــكل تفصيلي؛ وتقــارن ردود الأفعــال في مناطــق مختلفة وذات ثقافــات متنوعة، وبعدها يمكــن أن نعين الطرائق التي قد تســاعد علــى زيادة إقبال المســتهلكين. ويحلم المناصرون لقضية اللحم المســتنبت في يــوم تقوم فيــه الحكومات بفرض ضرائب بيئيــة على اللحم المنتج من مصادره الحيوانية؛ أي من الماشية، أو حينما يُقبِل المســتهلكون على اللحم المنتج فــي المختبر وعليه بطاقة كُتب عليها «**خال من القسوة**» cruelty-free.

ويقول ‹پوســت›، الذي قضى ســت ســنوات في جامعة هارڤارد وكلية دارت ماوث قبل أن يعود إلى موطنه هولندا عام 2002: «لا أعتقد أنك ترغب في أن تعرف شــيئا عن الظروف الصحية السائدة في معظم مسالخ الولايات المتحدة الأمريكية أو تقانة **القتل الرحيم** euthanasia». كما يمكن لانتشــار آخر لأحــد الأمراض التي تصيب الحيوانــات مثل جنون البقر أو إنفلونــزا الطيــور أن يجعل من اللحم المســتنبت أكثر إثارة للشهية من اللحم التقليدي. وهنا يقول ‹رولين›: «نحن بعيدون عن مصدر ما نــأكل، فعندما نتناول شــطيرة من لحم البقر (همبورجر)، لا نفكــر فيما نأكل، هل هي من لحم بقرة ميتة. وعندما يكون الناس بعيدين جدا عن مصدر ما يأكلون، فليس من الصعب أن تجدهم يقبلون على تناول اللحم المستنبت.»

يتوفر لدى ‹پوســت› مخطط جريء لجذب تمويل جديد: إذ يهــدف إلى تصنيع نقانق في المختبر، ليثبت فقط أن هذا الأمر قابــل للتحقيق. ويُقــدَّر أن هذا العمل ســوف يكلف 300 000 يورو ويســتغرق ســتة أشهر، وســيقوم به طالبا دكتــوراه يســتخدمان خلاله ثلاثــة **حواضــن** incubators، ويقول ‹پوســت›: «ســوف نأخذ **خزعتين** biopsies أو ثلاثة مــن خنزير مثلا، أي نحــو 10 000 خلية. وبعد أن تقوم هذه الخلايا بالتضاعف عشرين مرة، سيتوفر لدينا عشرة بلايين خلية». وســيقوم الطالبان باستخدام 3000 طبق پتري لإنتاج عدد كبير من قطع دقيقة من نسيج عضلات الخنزير، والتي يمكن بعدها أن تُجَمَّع في مغلّفات مع بعض التوابل وغيرها من الإضافات غير اللحمية لمنحها طعما وبُنْيَة. وفي النهاية، سيتمكن العلماء من عرض النقانق إلى جانب الخنزير الحي الذي جرى استنباتها منه.

ويقول ‹پوســت› إنه: «من حيث المبدأ فإن جمع مزيد من التمويــل والدعم عمل يتطلب البراعة. ونحن نحاول أن نبرهن للعالــم على أنــه بإمكاننا أن نصنع منتجا مــن هذا اللحم». ويتســاءل ‹رولين›: «هل سيكون طعم هذا المنتج شبيها بطعم النقانق؟» ويجيب: «بأنه يعتقد ذلك.» ثم يســتطرد قائلا: «إن غالبيــة الطعوم التــي نتذوقها مثل طعم أجنحــة الدجاج أو النقانــق صُنْعِيّة وتعود إلى إضافــة الملح والعديد من الأمور الأخرى اللازمة لتذوق الطعم المطلوب.»

ولا يبــدي ‹ڤان إيلين›، الذي يعد نفســه «الأب الروحي للحم المســتنبت في المختبر»، حماسا لاقتراح إنتاج النقانق، لأنه مثالي عنيد يعتقد بأهمية الترويج لقضية اللحم المستنبت في المختبر الذي يشــبه في مظهــره ورائحته وطعمه أي لحم تشتريه من المزارع. وقد يكون ‹ڤان إيلين› على يقين أيضا من أن الوقــت قد يمضي قبل أن يتحقق الحلم الذي كرس معظم حياته تقريبا من أجله. وهنا يقول ‹رولين›: «كلما تَحَدَّثتَ إليه تجده يتحدث عن شــخص عثر عليه وهو الذي سيكون العَالِمَ المتميز الذي سيقوم بحل جميع المشكلات.» ويستطرد قائلاً: «أســتطيع أن أتفهم وجهة نظره، لكنني لا أســتطيع أن أغير قوانين هذا الكون.» ■

مراجع للاستزادة

Production of Animal Proteins by Cell Systems. H. P. Haagsman, K. J. Hellingwerf and B.A.J. Roelen. University of Utrecht, October 2009.

Livestock Production: Recent Trends, Future Prospects. Philip K. Thornton in *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* Vol. 365, No. 1554, pages 2853–2867; September 27, 2010.

Food: A Taste of Things to Come? Nicola Jones in *Nature,* Vol. 468, pages 752–753; 2010.

Animal-Free Meat Biofabrication. B. F. Bhat and Z. Bhat in *American Journal of Food Technology,* Vol. 6, No. 6, pages 441–459; 2011.

New Harvest: www.new-harvest.org

Scientific American, June 2011

عيون تراقب الخنازير(*)

هل كان بإمكان مراقبة الحيوانات التنبؤ بالإنفلونزا الجديدة القادمة؟

في الشهر 2009/1 وفي أقل من 24 ساعة عقب التحول المفاجئ في مسار طائرة تجارية إلى نهر هدسون، انطلقت كاميرات الڤيديو الأمنية المختصة بالحدث لمسح المنطقة من مواضع مواتية ومتعددة. ففي عصر المراقبة المهيمنة على كل شيء، يفترض الناس أن هناك شخصا بعينه أو نظاما ما دائب المراقبة تحسبا لرصد أي مشكلة فور حدوثها. ومع ذلك، قفزت سلالة جديدة من ڤيروس إنفلونزا الخنازير A(H1N1) عبر الأنواع لتداهم البشر من السكان في الشهرين الثالث والرابع من عام 2009، في حين مازال مسؤولو الصحة والزراعة حتى أواخر الشهر 2009/5 يحاولون التوصل إلى مصدرها.

إن ظهور سلالة جديدة من الإنفلونزا H1N1 قد كشف عن مدى فعالية النظم الحالية المعنية بمراقبة تفشي الإنفلونزا في البشر، كما بُرْهن على صحة النظرية المتأصلة منذ أمد بعيد والتي تشير إلى أن الخنازير قد تعمل كأوعية مازِجة لإعداد ڤيروسات الأوبئة. غير أنه قد سُلط الضوء على التقدم المخيب للآمال في الكشف عن موضع وكيفية نشوء وتطور مثل هذه الڤيروسات في الحيوانات، وكذلك التنبؤ بإمكانية انتقالها إلى البشر. وهي قدرات كان بإمكانها المساعدة على تجنب حدوث الوباء أو الإنذار المبكر بقدومه على أقل تقدير.

وعلى الرغم من السنوات التي قضيناها في الاهتمام بأبحاث الإنفلونزا وتمويلها، لم يكن مسؤولو الصحة هم الأقرب لمعرفة طريقة مجدية لتمييز **مسببات الأمراض (المُمْرِضات)** pathogens الجديدة في الحيوانات والتي لها القدرة على إيذاء البشر. فعلى سبيل المثال،



وعاء المزج: إن مراقبة الحيوانات على غرار ما تم في مزرعة الخنازير بمتشيگان للكشف عن ڤيروسات جديدة للإنفلونزا قد تخلفت عن مواكبة الاستعدادات لمواجهة الأوبئة البشرية الناجمة عن الكائنات المسببة للمرض.

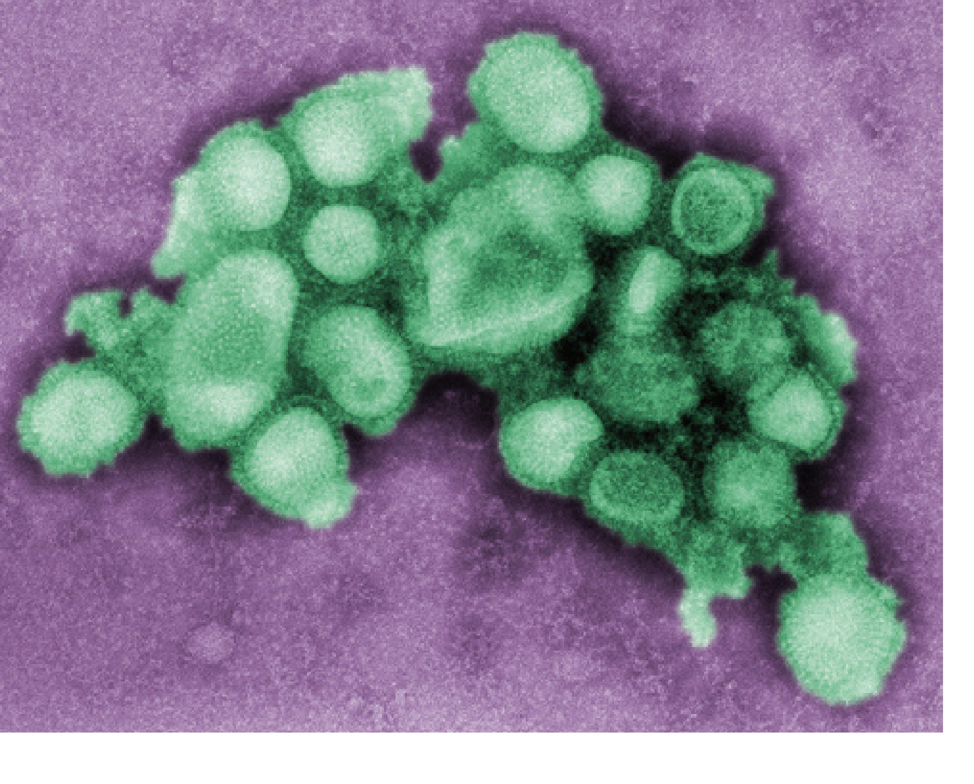
في عام 2007 عندما تعرف <A .L. ريخت> وزملاؤه [في قسم الزراعة بالمركز القومي لأمراض الحيوانات في آميس بولاية أيوا في الولايات المتحدة الأمريكية] سلالة جديدة من الإنفلونزا A(H2N3) في الخنازير، اعتقدوا أن هذه السلالة ذات كمون وبائي، ويذكر <ريخت> أنه «لم يكن هنالك من يُعْلِمونه بالخبر»، ولذلك سألوا أنفسهم ماذا يفعلون بتلك المعلومة؟ فلا يوجد من يهتم بالأمر، وليست هناك من قاعدة أو توجيهات في هذا الصدد. وقد نشر <ريخت> ومجموعة من المشاركين معه تقييمهم لهذه السلالة الجديدة في إحدى المجلات العلمية مستنتجين: «إنه من الحكمة بمكان أن

(*) EYES ON THE SWINE

نفرض مراقبة مشددة على الخنازير والعاملين المُعَرَّضِين للعدوى بحكم مهنتهم.»

وفي سياق المرض، تُعني المراقبة في أدنى درجاتها أن يقوم كل من الأطباء والمختبرات التشخيصية برصد واقعة عن مسببات الأمراض التي يجري الكشف عنها. فعلى سبيل المثال، يتم الإبلاغ عن كافة حالات الإنفلونزا البشرية لدى مراكز مكافحة الأمراض (CDC)(1) والوقاية منها لتتبع حدوث المرض وتحركاته. وتقوم المختبرات بتشخيص نسبة ضئيلة فقط من حالات الإنفلونزا في البشر والحيوانات، يجري تحويلها جميعها من الأطباء لإجراء الاختبارات المختبرية الطوعية، في حين لا يزال جمع العينات بطريقة منهجية والإبلاغ الإجباري عن حدوث المرض في قطعان الخنازير أمرا محدودا ومقتصرا على حفنة ضئيلة من الأمراض المقوضة للتجارة، والتي تتضمن حمى الخنازير النمطية والڤيروس **نيپاه** nipah.

ويعتقد ‹ريخت› [الذي يعمل حاليا في جامعة ولاية كانساس] أن المختبرات التشخيصية البيطرية بإمكانها أن تؤدي دورا مهما في إجراء مسوح حيوانية أكثر نشاطا، ويتم ذلك بإخضاع كل عينة، يتم تسليمها للمختبر لأي سبب، لفحص شامل للكائنات المسببة للأمراض. وأضاف ‹ريخت› قائلا: «إننا نحتاج إلى شبكة أفضل لفحص التجمعات الحيوانية باستخدام تقانة القرن الحادي والعشرين بحثا عن عوامل العدوى الناشئة». وقد أوضح ‹ريخت› قائلا: «إن المختبرات الكبرى في أيوا وشمال كارولينا - وهما موطنا أكبر تجمع للخنازير في الولايات المتحدة - لديها القدرة التقنية على إجراء مسح واسع النطاق لأمراض الخنازير.» واستطرد ‹ريخت› مفسرا: إن **شيپات الصفيفات**(2) **الميكروية** microarrays chips يمكنها اختبار وجود الكائنات المسببة للأمراض في الخنازير والأبقار والطيور على وجه التحديد، وهذه من شأنها أن تمنح المختبرات الصغيرة قدرات أكبر



الڤيروس H1N1، كما صوّره المجهر الإلكتروني، إنه يقوم حاليا بالتكيف مع البشر. ولا يستطيع العلماء التنبؤ بالكيفية التي سيستمر بها في التطور.

وتوفر صورة حقيقية أكثر شمولا في الوقت الحاضر عن البكتيريات المهددة للبشر مثل أنواع الإنفلونزا الجديدة التي استشرت في الدواب والطيور.

ولكن تعرف سلالات جديدة من إنفلونزا الحيوانات شيء وتحديد مدى الخطورة التي تمثلها للإنسان شيء آخر. وقد صرح ‹J. K. تاوبنبرگر› [من المعهد القومي للأرجية والأمراض المعدية] قائلا: «إنني أكثر تشاؤما بشأن قدراتنا على التنبؤ بهذه الأمور.» وفي الشهر 2009/4، نشر تتبعا لفرعين من شجرة عائلة الخنازير التي تفشت فيها الإنفلونزا H1N1 وهي أحد الفرعين من سلالة (أورو-آسيوية) التي تصيب الإنسان حاليا. وقد وجد أن لكلتا السلالتين سلفا مشتركا من نوع H1N1، ولكن كليهما قد تطور تطورا مستقلا في قطيع الخنازير واختلفت التغيرات الطفيفة في جينات الڤيروس من سلالة لأخرى، الأمر الذي سمح لأحدهما بالتكيف مع عائل جديد. وقد بحث العديد من العلماء عن إشارات متسقة تنم عن تغيير الڤيروس لعائله أو توحي زيادة قدرته على الانتشار أو تعكس كثرة **فوعته**(3)، إلا

(1) the Centers for Disease Control
(2) مفردها: صفيف array.
(3) virulent

أنهم أخفقوا في التوصل إلى أنماط واضحة في هذا الصدد.

ونتيجة لذلك، لم يستطع أحد تفسير سبب إصابة ڤيروس إنفلونزا الطيور (H5N1) لنحو 400 شخص في كافة أرجاء العالم معظمهم من آسيا وإفريقيا، لكنه (الڤيروس) أخفق حتى الآن في التكيف تماما مع البشر. كما أخفق العلماء في معرفة من أين أتى الڤيروس الأصلي المسبب لوباء عام 1918 وإلى أين تمضي بعيدا ذريته الجديدة من سلالة الإنفلونزا H1N1؟ لقد انتشرت تلك الإنفلونزا عبر 40 دولة وأصابت ما يقرب من 10 000 شخص وحصدت أرواح 79 فردا حتى أواخر الشهر 2009/5.

وفي عام 1996، قام <تاوبنبرگر> لأول مرة مع زملائه [في معهد القوات المسلحة للپاثولوجيا] بعزل سلالة وباء الإنفلونزا H1N1 المنتشرة في عام 1918 من عينات من أنسجة الضحايا المحفوظة. وقد أشار إلى أن الكثير مازال غامضا حول البيولوجيا الأساسية وعلم البيئة المعني بدراسة ڤيروسات الإنفلونزا. ويُعتقد أن المراقبة الدقيقة للنظام البيئي الذي يُعنى بالخنازير والطيور والبشر فضلا عن الكلاب والقطط والخيول وغيرها من الحيوانات المستأنسة والمتوحشة في المناطق الريفية قد يثمر في النهاية عن منظور أعمق حول أسباب نشوء ڤيروس الإنفلونزا وكيفية تطوره.

ولحسن الحظ، فإن الأموال والأبحاث الداعمة للاستعدادات لمواجهة الأوبئة عملت على تحسين نظم مراقبة الإنفلونزا H1N1 والاستجابة لها. ويشيد <ريخت> بالسرعة التي اكتشفت بها مختبرات الولايات المتحدة الحالات الأولى من الإنفلونزا الجديدة، حيث تم اكتشافها لدى طفلين في جنوب كاليفورنيا وإبلاغ المركز CDC، مما أتاح لمسؤولي الصحة الفرصة لاتخاذ الإجراءات. ولكن، لسوء الحظ، فإنه من دون رصد محكم لسلالات الإنفلونزا الجديدة الناجمة عن الحيوانات يجب على مراقبة الإنسان أن تبقى خط الدفاع الأول. ■

<Ch. سورس>

جِينيّات

قليل جدا، كثير جدا(*)

فهم جديد لكيف تسبِّب أعداد متفاوتة من الجينات المرض.

منذ ما يقرب من عقد من الزمن، نشر العلماء النسخة المبدئية الأولى للجينوم البشري ولكن الطريق لايزال طويلا لتعقُّب الجينات المسبِّبة للأمراض. وقد ركَّز معظم الباحثين على تبدلات مفردة في أزواج القواعد في **الدنا** DNA (أدنين-تيمين، وسيتوزين-گوانين) والتي تؤدي إلى حدوث الأمراض القاتلة كداء **التليف الكيسي**(1)، إلا أن هذه الطفرات التي تحدث في جينوم يحوي ثلاثة بلايين زوج من الأزواج القاعدية لا يمكن لها أن تفسر مجمل جوانب الموضوع. وفي الوقت الراهن، يُلقي علماء الوراثة نظرة أكثر قربا على حالات من الزيغ الجيني كان يُعْتَقد سابقا أنها نادرة وهي: **اختلاف عدد النسخ** (CNV)(2). إذ يمكن للجينات أن تكون طبيعية تماما، على الرغم من وجود نقص أو زيادة في تَسَلْسُلات الدنا التي قد تؤدي دورا في الأمراض التي تشكل تحديا واضحا وصريحا للنماذج الجينية مثل: التوَحُّد والفُصام **وداء كرون**(3)، والتي كانت أسبابها مصدر إرباك للباحثين طوال عقود.

في عام 1936، اكتشف عالم الوراثة الأمريكي <C. بريدجز> الاختلاف في عدد النسخ (CNV)، عندما لاحظ أن الذباب الذي يَرِث نسختين من الجين المسمى Bar تكون عيونه صغيرة جدا. وبعد ذلك بعقدين، وأثناء دراسته للصبغيات البشرية تحت المجهر، بيَّن عالم فرنسي أن الاختلاف CNV هو سبب حدوث **متلازمة الداون**(4)؛ إذ يرث المصابون بهذه المتلازمة نسخة إضافية من الصبغي 21. وهكذا أصبح الأمر الظاهر آنذاك، أن الاختلاف CNV نادر وأنه دائما السبب المباشر في حدوث المرض.

ولكن في عام 2004، ما لبثت الأحوال أن تغيرت، حين نشر فريقان من الباحثين أول خريطة للاختلاف CNV في مجمل الجينوم، وأوضحت الخريطة أن اختلاف كمية الجينات شائع للغاية؛ إذ وجد كل فريق منهما تفاوتات يبلغ عددها 12 نسخة لكل شخص. «وعندما ظهرت هذه المقالات، فإنها أدت حقا إلى قلب الأمور رأسا على عقب،» على حد قول <S. شيرر> [الاختصاصي بعلم الوراثة في مستشفى الأطفال المرضى بمدينة تورونتو ومؤلف مشارك لإحدى المقالات]. وقد أردف قائلا: «كان الناس

(*) TOO LITTLE, TOO MUCH
(1) cystic fibrosis
(2) copy number variation
(3) Crohn's disease
(4) Down syndrome

يعتقدون دائما، كما كنا أنفسنا نعتقد، أن هذه التبدلات الكبيرة في الدنا تترافق دائما مع حدوث المرض.»

تابع <شيرر> وزملاؤه، ومن بينهم الاختصاصي بعلم وراثة السكان <M. هيرلز> [من معهد ويلكم ترست سانگر، في كامبريدج بإنگلترا] دراستهم الأكثر تفصيلا للاختلاف CNV، وذلك عام 2006، والتي قاموا فيها بتحليل الدنا DNA لدى 270 شخصا، فوجدوا أن معدل الاختلاف CNV يصل إلى 47 اختلافا لكل شخص. وفي عام 2007 قام الباحثون بسَلْسَلَة الجينات لرائد علم الوراثة <J. C. ڤينتر> فوجدوا فيها 62 اختلافا من الاختلافات CNVs. وفي الحقيقة، وكما يقول <هيرلز>: «إنه ليس من الطبيعي أن تسير هنا وهناك ولديك جينوم كامل الأوصاف.»

ولايزال العلماء يحاولون الوصول بدقة إلى حل الشيفرة الخاصة بكيفية تأثير الاختلافات CNV، والتي تكون في معظمها وراثية المنشأ، في الجسم البشري. فإذا احتوى الجينوم، كما هو معهود، على ثلاث نسخ من الجين، بدلا من احتوائه على نسختين طبيعيتين (اكتسبهما من الوالدَيْن)، فإن الخلية سوف تقوم باصطناع البروتينات من خلال النسخ الثلاث معا، ومن ثم تنتِج بروتينات فائضة عما قد يحتاج إليه الجسم. ولكن <شيرر> يقول إن مثل هذا التعبير الجيني «لا يحدث دائما، بل إن هناك استثناءات.» فقد تقوم الخلية، مع ذلك أحيانا، باصطناع الكمية الصحيحة من البروتينات، وفي أحيان أخرى، تُصيب الاختلافات CNV مناطق من الدنا تقوم بتنظيم تعبير الجينات الصامتة الأخرى، مما يؤدي إلى تعقيد المشكلة.

ومع ذلك، فقد استطاع العلماء ربط الاختلاف CNV بعدد ضئيل من الأمراض المعقدة. فقد أكدت دراسة منشورة في مجلة *Nature* في الشهر 2008/9 النتائج التي تم التوصل إليها سابقا، والتي أشارت إلى أن 30% من البشر الذين لديهم خَبْن (حذف) طوله ثلاثة ملايين **زوج قاعدي**[1] في منطقة الصبغي 22 يعانون حالات نفسية مثل التوحُّد والفُصام. وقد وجدت دراسة نُشِرَت في مجلة *الجينات الطبيعية Nature Genetics* في الشهر 2008/8، صلة بين داء كرون وخَبْن 20 000 زوج قاعدي من منطقة علوية من جين يسمى *IRGM*، الذي يسهم في مكافحة **البكتيريا الغزوية** invasive bacteria.

وفي مقالة أخرى نُشرت في مجلة *الجينات الطبيعية* في الشهر 2009/1، وجد الباحثون ترابطا بين ارتفاع **مَنْسَب كتلة الجسم**[2] وخَبْن (حذف) 45 000 زوج من الأزواج القاعدية في الجين المسمى *NEGR1*، والذي يؤثر في نمو العصبونات في المنطقة **تحت المهاد**[3]، وهي منطقة من الدماغ تُنَظِّم الجوع والاستقلاب. وقد علّق على ذلك <E. كوك> [الطبيب النفسي في جامعة إلينويس بشيكاغو] قائلا: «لقد حصلنا على كمية هائلة من البيانات وعلى أنواع جديدة منها، مما يجعل من الصعب مسايرتها.»

وفي غالب الأحيان، قد يساعد الاختلاف CNV على تفسير سبب الانتقال الوراثي للأمراض المعقدة، مع أنها لا ترتبط دائما بالجينات نفسها، فهي قد تتأثر بالأخطار وفق أسلوب احتمالي. وفي هذا الصدد، يشرح <S. ماك كارول> [الاختصاصي بعلم وراثة السكان في المعهد MIT، والمؤلف المشارك للدراسة التي أُجريت على داء كرون] قائلا: «إن حذف الجين المسمى *IRGM* يمكن أن يزيد خطورة حدوث داء كرون بنسبة 40% فقط، وذلك يحدث عند ملايين الأشخاص.» وتعتمد إصابة الفرد بالمرض فعليا على عوامل إضافية إما جينية أو بيئية.



لعبة الأرقام في الصبغيات: لقد ثَبَت أن الزيادة والنقصان في قِطَع الدنا التي كانت تُرْبَط بأمراض مختلفة، أكثر شيوعا مما كان يُعْتَقَد من قبل.

وفي سياق متابعة الباحثين لتقفي روابط جديدة بين الاختلافات CNV وبين المرض، يتطلَّع <شيرر> و<هيرلز> إلى اختلافات جديدة يجب أن تضاف إلى مزيج الاختلافات السابق. وقد حدد هذان الباحثان في الخريطة التي وضعاها عام 2006 عدد الاختلافات CNV الجينية بأنه أقل من 20 000 زوج من الأزواج القاعدية؛ أما الآن فيستكمل الباحثان وضع خريطة مُعَدَّلة تتضمن الاختلافات CNV التي تقل عن 500 زوج من الأزواج القاعدية. ويشير هذا التحليل إلى وجود ما يقرب من 1000 من الاختلافات CNV عند كل شخص، تمتد إلى نحو 1% على الأقل من الجينوم.

ويقول <شيرر>: «لقد أحرزنا تقدما ملحوظا وسريعا حقا.» إلا أنه «خلال السنة القادمة، سنمضي في اكتشاف الاختلافات CNV، التي تتسم بأنها أصغر حجما، وأكثر شيوعا وتترافق مع الأمراض.» ■

(١) base pair
(٢) body mass index
(٣) hypothalamus

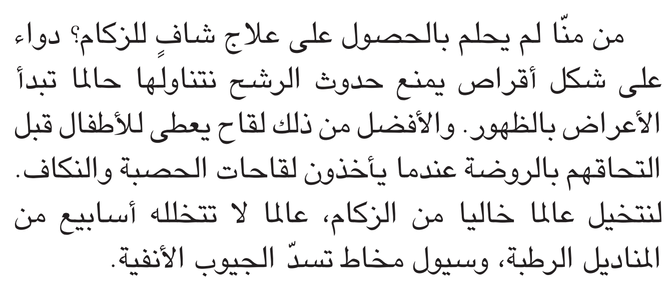
*<**M. وينّر**>، من سكان مدينة نيويورك، كتبت في عدد الشهر 5 وصفا للكيفية التي يمكن للبكتيريا أن تساعد على القضاء على البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية.*

البحث عن دواء شافٍ للزكام(*)

كن حذرا مما تتمناه. فقد تكون الأدوية أسوأ كثيرا من المرض نفسه.



المؤلف
Veronique Greenwood
كاتب علمي في البيولوجيا والصحة.



من منّا لم يحلم بالحصول على علاج شافٍ للزكام؟ دواء على شكل أقراص يمنع حدوث الرشح نتناولها حالما تبدأ الأعراض بالظهور. والأفضل من ذلك لقاح يعطى للأطفال قبل التحاقهم بالروضة عندما يأخذون لقاحات الحصبة والنكاف. لنتخيل عالما خاليا من الزكام، عالما لا تتخلله أسابيع من المناديل الرطبة، وسيول مخاط تسدّ الجيوب الأنفية.

وفي الواقع يعمل العلماء على اصطناع لقاح مضاد **للفيروسات الأنفية** rhinoviruses، وهي مجموعة من الفيروسات التي تسبب 30-50 في المئة من حالات الزكام، إلا أن ما يدعو إلى السخرية أنه حتى إذا نجح العلماء في تحقيق ذلك، أو توصلوا إلى اكتشاف علاج يوقف الزكام فإن معظم الناس قد يرون أنهم أفضل حالا من دون استعمال هذه الأدوية.

وفي الحقيقة، فإن أحلامنا بالتخلص من الرشح كثيرا ما انهارت من قبل. فإذا أخذنا مثالا من أحد الأدوية المضادة للزكام المسمى **پليكوناريل** pleconaril الذي حظي بتغطية إعلامية واسعة عام 2002 عندما كان في مرحلة التجارب السريرية، فقد دُعي في حينه «بالعلاج المعجزة» و«الرصاصة السحرية» و «الكأس المقدسة»، نظرا لما أظهره من فعالية جيدة عند اختباره على المزارع الخلوية، إلا أن تأثيره في الإنسان لم يكن باهرا – فقد قصّر مدة الزكام يوما واحدا فقط. أما السبب الذي دعا إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) إلى رفض هذا العلاج فهو التأثيرات الجانبية له، فبعض النساء أُصِبْنَ بالنزيف أثناء استعماله ما بين الدورات الطمثية، كما أنه تَداخل في عمل حبوب منع الحمل الهرمونية. وفي الواقع، حصل الحمل عند امرأتين أثناء استعماله. وقد تم رفض العديد من الأدوية الأخرى المماثلة بسبب تأثيراتها السيئة، مثل التهاب الأنف الذي كان أسوأ من الزكام نفسه. وهكذا اتضح أن الزكام أقل سوءا من بعض الأدوية.

ومن ثَمّ بذلت جهود كبيرة أخرى من أجل تحضير لقاحات للوقاية من الزكام ولا سيما اللقاحات المضادة للفيروسات الأنفية (ويمكن **للفيروسات الغدية** adenoviruses و**الفيروسات التاجية** coronaviruses وغيرها من العائلات الفيروسية أن تسبب الزكام). وكما هو الحال في فيروس العوز المناعي المكتسب HIV، تتألف الفيروسات الأنفية من **جينوم** genome من **الرنا** RNA مغطى بغلاف من البروتين يدعى **القُفَيْصَة** capsid، ويلتصق الفيروس بغشاء الخلية المضيفة ويحقن فيها مادته الوراثية ثم يستولي على آلياتها ويتكاثر بواسطتها. وإن رد الفعل الالتهابي المناعي لدى المضيف هو سبب حدوث الأعراض وليس استنساخ الفيروس.

وأثناء بحثهم عن لقاح مضاد للفيروسات الأنفية ركّز العلماء على الكشف عن قطعة من القُفَيْصَة تشترك جميع أنماط هذه الفيروسات في وجودها. فمن المفترض نظريا أنه إذا أُعطي اللقاح الذي يحتوي على هذه القطعة من القفيصة إلى أحد الأشخاص فإنه سيؤدي إلى تحريض جهازه المناعي على إنتاج أضداد مقابلة لها، بحيث يصبح هذا الشخص مهيئا لصد أي عدوى مقبلة بإحدى السلالات التي تحمل القطعة المشتركة. وقد كانت الغاية هي الحصول على قطعة مشتركة من القفيصة لا تتغير كثيرا مع مرور الزمن، إذ إن أفضل اللقاحات والأدوية قد تصبح عديمة الفائدة إذا حدث تبدل مهم في الفيروس المستهدف.

وعلى مدى سنوات عديدة، أخفقت جهود العلماء في الكشف عن عنصر ثابت لدى الفيروسات الأنفية. وفي هذا الصدد، يشير <T. سميث> [الذي يدرس بنية الفيروسات في مركز «دونالد دانفورث» بـ «سانت لويس»] إلى أن فحص أكثر من مئة نمط من هذه الفيروسات لم يكشف عن وجود عنصر مشترك بينها. وسبب حدوث هذا التغير هو أن الفيروس الأنفي، وهو من صنف الفيروسات التي

(*) Curing the Common Cold

تحوي **الرنا** RNA[1]، ميّال إلى **التطفر** mutation. إذ لا تمتلك الإنزيمات التي تستنسخ الرنا الآليات القادرة على تصحيح أخطاء الاستنساخ الموجودة لدى الإنزيمات التي تستنسخ **الدنا** DNA، وهكذا، يحتوي الفيروس الجديد على العديد من التبدلات في كوداته ويصبح مختلفا اختلافا بيّناً في تركيب القفيصة لديه عما لدى الفيروسات الأخرى من العائلة نفسها. وعلى عكس ذلك، فقد تم تطوير اللقاح ضد الفيروسات الغدية التي يتألف جينومها من الدنا على الرغم من أن استعماله قد اقتصر على أفراد القوات المسلحة.

قبل نحو عشر سنوات، دُهِش ‹سميث› عندما رأى أجزاءً من الفيروس الأنفي الذي اعتقد العلماء أنها مخفية في الداخل - بعيدة عن اكتشاف الجهاز المناعي لها - عادت إلى الظهور على السطح في بعض الأحيان على الأقل. وفي نهاية الأمر استنتج ‹سميث› وزملاؤه أن القفيصة قد تكون أكثر ديناميكية مما كان يعتقد سابقا، وأنها تتغير وتكشف عن بعض النواحي المخفيّة. وقد أطلقوا على هذه العملية مصطلح «التنفس».

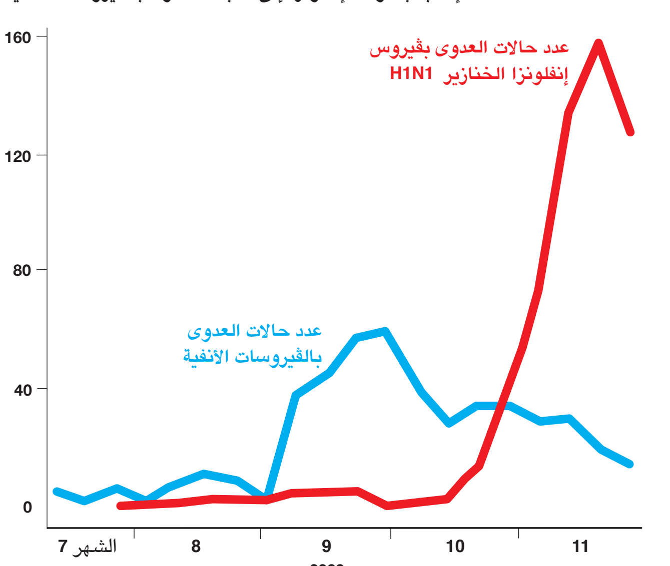
وفي النهاية ثبت أن إحدى هذه القطع، وهي بروتين يدعى VP4 يساعد الفيروس على الالتصاق بالخلية، متماثل جدا في جميع أنماط الفيروسات الأنفية تقريبا. وقد غفل عنه العلماء لأنه كان لا يظهر على سطح القفيصة أحيانا.

وفي عام 2009، بينت الأبحاث التي قام بها فريق «سميث» على المزارع الخلوية أن اللقاح من نوع VP4 يعطي مناعة ضد ثلاث سلالات من الفيروسات الأنفية، مما يقترح بأن هذا النوع من اللقاح قد يكون مفيدا في الوقاية من كثير من حالات الزكام. إلاّ أن هذا الاحتمال المأمول لم يتأكد بعد. ويقول ‹سميث› أنا لا أنوي الترويج له، فقد ثبت أن البروتين VP4 ليس قويا في العادة بما يكفي لإحداث رد فعل فعّال، وإننا إذا استعملنا بروتينا مثل VP4 في تحضير اللقاح فإن علينا أن نقنع الجهاز المناعي بطريقة ما لمهاجمته.

قبل عامين قدّم ‹G. توبين› [الباحث في مجال **المحاكاة البيولوجية** Biological Mimetics في فريدريك، ولاية ماريلاند] فكرةً قد تفيد في التغلب على هذه العقبة. فقد اقترح ‹توبين› وزملاؤه أن إعطاء كمية كبيرة من بروتين لا يتعرّفه الجهاز المناعي عادةً قد يثير استجابة مناعية واقية. وقد أظهرت هذه الاستراتيجية بعض العلامات المشجعة في الأبحاث الأولية التي تناولت الحُمّى القلاعية foot-and-mouth disease. والآن هي قيد الدراسة في فيروس العوز المناعي البشري HIV، إلا أن فائدة هذه الاستراتيجية لم تتأكد بعد.

أما فيما يتعلق بالأدوية التي تعمل حالما يبدأ الزكام فإن أخطار دواء البليكوناريل لاتزال ماثلة في الأذهان. ويقول

بيانات مستمدة من أحد المستشفيات الفرنسية توضح التأخير في الإصابة بعدوى الإنفلونزا إلى ما بعد العدوى بالفيروسات الأنفية



تنافس: لقد تأخر وباء إنفلونزا الخنازير H1N1 تأخرا غير متوقع في فرنسا. فالاستجابة المناعية للعدوى بالفيروسات الأنفية قد تطرد العدوى بعامل أكثر خطورة؛ وهذا هو أحد الأسباب التي قد تجعل التخلص من الزكام فكرة سيئة.

‹سميث›: «طالما أن العدوى بالزكام لن تقتلك، فيجب أن يكون العلاج آمنا كالماء.» ويؤكد ‹R. تورنر› [الباحث في فيروسات الزكام في جامعة فيرجينيا] هذا الرأي قائلا: «يجب أن يكون العلاج فعالا جدا. كما يجب أن يكون رخيص الثمن وآمنا تماما». وهكذا، يتبين مدى ارتفاع سقف الشروط المطلوبة، فمع مرور خمسين عاما على الدراسات الخاصة بالفيروسات الأنفية لم يتوافر في الأسواق حتى الآن دواء واحد لمكافحتها.

ومع أن عددا قليلا من شركات الأدوية تواصل البحث عن علاج للزكام فإن بعضا منها يستمر بتركيز أبحاثه على الفيروسات الأنفية. وخلال العقود الماضية بينت الأبحاث وجود علاقة بين الفيروسات وبعض المضاعفات الخطيرة **للربو** asthma و**انتفاخ الرئة** emphysema و**التليّف الكيسي** cystic fibrosis. ويقول ‹G. تورنر›: «من وجهة نظر اكتشاف الأدوية، إذا كان الدواء فعالا في مكافحة مرض خطير، فإن خطر فشله لأسباب تتعلق بسمِّيته أو سلامته أو تكلفته العالية يقل.»

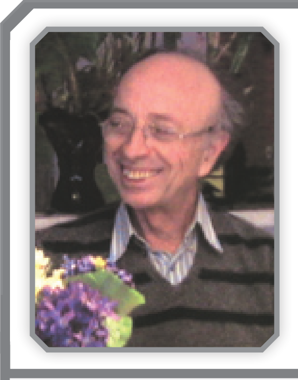
إن استهداف مجموعات الفيروسات الأنفية القريبة جدا من بعضها يعد أحد سبل المعالجة. ففي عام 2009 نشر ‹S. B. ليگيت› وزملاؤه [من جامعة ميريلاند] الجينومات الكاملة لـ109 أنواع من الفيروسات الأنفية، إضافة إلى الشجرة التطورية لهذه الفيروسات التي تكشف عن العلاقات القائمة بينها. يقول ‹ليگيت› إذا تأملت هذه الشجرة ووضعت دائرة حول الفيروسات التي تسبب فعلا أزمات الربو الحادة

(1) الحمض النووي الريبي

يصبح بإمكانك أن تستهدف هذه الڤيروسات بشكل مباشر. قد تستجيب الڤيروسات القريبة من بعضها للعلاج بشكل أكثر اتساقا من استجابة المئات من الڤيروسات الأنفية المتباعدة.

أخيرا، رُبّما لا يكون الإفلات الذكي للڤيروسات الأنفية من قبضتنا هو أكثر الأمور سوءا. إذ تشير بعض الأبحاث إلى أن الزكام يمُدّ الشخص بمناعة مؤقتة ضد عدوى أكثر خطورة، ومثال ذلك أنه في عام 2009 لم تنتشر جائحة إنفلونزا الخنازير H1N1 بشكل كبير في فرنسا إلا بعد انتهاء موسم الزكام. ويقول ‹J. S. كازالينو› [من المركز الوطني الفرنسي للإنفلونزا] في تقرير له: «يبدو أن إصابة الأطفال بالزكام تقلل من احتمال إصابتهم بإنفلونزا الخنازير H1N1». ويؤكد أن هذه العلاقة لاتزال افتراضية، ويفترض «أننا إذا نجحنا في القضاء تماما على العدوى بالڤيروسات الأنفية فقد نفسح المجال لغيرها من الڤيروسات التنفسية مثل ڤيروس الإنفلونزا لتأخذ مكانها.»

من المحتمل ألا تستطيع علاجات ڤيروس الزكام في المستقبل القضاء على العدوى، لكنها قد تكون قادرة على تخفيف أعراضه. يقول ‹تورنر›: «إن ثلث العدوى بالڤيروسات الأنفية لا يترافق بأعراض، ومن الواضح أن رد الفعل الالتهابي ليس ضروريا للتخلص من الڤيروس، لأن هؤلاء الأشخاص يتغلبون على العدوى كغيرهم من الناس.» قد تستطيع العلاجات المستقبلية أن تكبح رد الفعل المناعي أو أن تخفض أعداد الڤيروس في الجسم إلى المستوى الذي يكفي لتجنب حدوث الأعراض. إلا أنه كما هو الحال مع سائر العلاجات المتوقعة للزكام علينا أن نتساءل: هل نحن نريد إعاقة عمل الجهاز المناعي؟ إذا فعلنا ذلك، فإننا في الواقع قد نقايض توعكا خفيف الوطأة بآثار جانبية للعلاج قد تكون أشد وطأة. وهذه هي، مع الأسف، المشكلة المركزية المحيّرة في معالجة الزكام: قد يكون العلاج أسوأ من المضايقات. ■



الأستاذ الدكتور

بسام المعصراني

في ذمة الله

1938-2011

بخالص العزاء وعظيم المواساة تنعي «**مجلة العلوم**» لقرائها الكرام أ. د. **بسام المعصراني** الذي كان – رحمه الله – في مقدمة مترجمي مقالات هذه المجلة ومراجعيها منذ صدورها عام 1986.

لقد وافته المنية بدمشق في 2011/9/27 بعد صراع مع المرض الخبيث تحمّله المرحوم بشجاعة وصبر، ومارس عمله ومطالعاته حتى قبل شهرين من وفاته، ودفن في مسقط رأسه **حمص**.

تدرج – رحمه الله – في السلك الجامعي إلى الأستاذية بقسم الفيزياء **بجامعة دمشق**: 1986-2011 وترأس قسم الفيزياء في **هيئة الطاقة الذرية السورية**: 1989-2002 وكان محررا في «**مجلة عالم الذرة**» 2002-2011، كما كان الناطق الرسمي باسم البعثة الفضائية المشتركة السوڤييتية السورية.

حصل الفقيد على الماجستير في الفيزياء من **جامعة موسكو** الحكومية عام 1964 ودكتوراه الدولة في الفيزياء من **جامعة باريس** 7 عام 1975.

وقد تميز الفقيد في حياته العملية والشخصية بالنزاهة والتفاني في الدقة بالعمل، وكان يؤمن بأن الثقافة والعلم عمل مستمر، وكان لا يُخفي قلقه من غياب الوعي بالأهمية الفعلية للفيزياء والرياضيات في العالم العربي.

و**بسام المعصراني** نموذج جيل آمن بأن التقدم الاجتماعي يؤسّس على العلم والثقافة، وأن الفضائل الأخلاقية لا قيمة لها إذا لم تعكس السلوك اليومي لصاحبها.

للفقيد إسهامات مميزة في تطوير وتعديل مناهج التدريس في قسم الفيزياء، وقد اهتم بوجه خاص بمشكلة المصطلحات والتعريب.

للمرحوم **بسام** أبحاث علمية منشورة في مجلات عالمية مرموقة، وألّف، أو شارك، في تأليف عدد من كتب الفيزياء الجامعية، كان آخرها: «الفيزياء الكمومية.»

وقد شارك في ترجمة عدد من الكتب العلمية القيِّمة، كان آخرها: «ضرورة العلم.»

و**بسام** باق معنا بذكراه الطيبة ومآثره الخالدة وفيه يعز العزاء، وليس لنا إلا أن ندعو لجميع أفراد أسرته الكرام ولزملائه وتلامذته ومحبيه الكُثر، جميل الصبر والعزاء.

إلى رحمة الله يا **بسام**، وإلى المولى الكريم نبتهل أن يسكنك فسيح جنانه.

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SEnIor writeR: Gary Stix
EDITORS: Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson

ASSOCIATE EDITORS, ONLINE: David Biello, Larry Greenemeier
NEWS REPORTER, ONLINE: John Matson
ART DIRECTOR, ONLINE: Ryan Reid

ART DIRECTOR: Edward Bell
ASSISTANT ART DIRECTOR: Jen Christiansen
PHOTOGRAPHY EDITOR: Monica Bradley

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Avonelle Wing
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

COPY AND PRODUCTION, NATURE PUBLISHING GROUP:
SENIOR COPY EDITOR, NPG: Daniel C. Schlenoff
COPY EDITOR, NPG: Michael Battaglia
EDITORIAL ASSISTANT, NPG: Ann Chin
MANAGING PRODUCTION EDITOR, NPG: Richard Hunt
SENIOR PRODUCTION EDITOR, NPG: Michelle Wright

PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

PRESIDENT: Steven Inchcoombe
VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION: Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

Majallat AlOloom September / October - 2011 Volume 27 Number 9/10 SCIENTIFIC AMERICAN

صدر حديثا عن

المنظمة العربية للترجمة(*)

أمن تقنية المعلومات: نصائح من خبراء

Information Technology Security: Advice from Experts



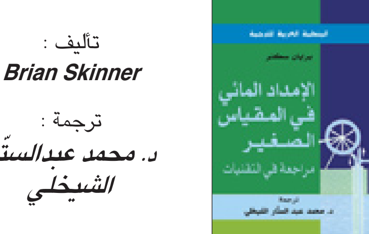
تأليف :
Lawrence M. Oliva

ترجمة :
د. محمد مراياتي

مع تزايد قيمة المعلومات تطورت الأمنيّة المعلوماتية من مجرد منظور إنتاجي إلى سيرورة إدارة أعمال. ولم تعد أمنيّة المعلومات اليوم عملية تحكّم في مدخلات البيانات والأنظمة، وإنما السيطرة على مجموعة الخدمات، ومن ضمنها الشبكات اللاسلكية، والحماية من قرصنة المعلومات، إضافة إلى مداومة التخطيط العملياتي في حالات الكوارث.
تمثل سلسلة IT للحلول، ومنها هذا الكتاب، حصيلة لقاءات ومقابلات مع اختصاصيين وممارسين في حقل المعلوماتية حول نجاحات وفشل حماية المعلوماتية في المنظمات.

الإمداد المائي في المقياس الصغير: مراجعة في التقنيات

Small-Scale Water Supply: A Review of Technologies



تأليف :
Brian Skinner

ترجمة :
د. محمد عبدالستّار الشيخلي

يفصِّل هذا الكتاب تقنيات الإمداد المائي في المناطق الريفيّة والنائية بشمولية واسعة تجمع بين المفاهيم الأساسية والآليات التطبيقية، فيؤدي دورا أساسيا في تمكين العاملين في هذا الميدان من تطوير قدراتهم على تصميم واختيار أنظمة التجهيز المائي، وإعداد برامج الإمداد. والكتاب يخاطب المتلقي بأسلوب علمي مبسط ويعزز في الوقت نفسه التفاعل بين المتخصصين.

التقانة النانوية: مقدمة مبسَّطة للفكرة العظيمة القادمة

Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea

تأليف :
Mark Ratner and Daniel Ratner

ترجمة :
د. حاتم النجدي

في هذا الكتاب تمكّن المؤلفان من سبر غور حقول التقانة النانوية (النانوتكنولوجيا) من حيث التقانة والأعمال مغطييْن بذلك مواضيع أساسية مثل: النانوبوت، الإلكترونيات الجزيئية، الحوسبة الكمومية، البنى الحيوية، الأنابيب النانوية، المحركات الجزيئية، المجسمات النانوية، وغيرها.
ويوفر الكتاب بأسلوب سهل الفهم تقويما عقلانيا لمجالات الاستثمار في هذه التقانة، وما يتصل بها من مفاهيم أخلاقية وقيمية.

البوليميرات العالية الأداء

High Performance Polymers



تأليف :
Johannes Karl Fink

ترجمة :
د. يمن الأتاسي

يعرض كتاب البوليميرات العالية الأداء أهمّ المعطيات الحديثة في هذا الميدان، وقد جرى ترتيب فصوله وفقا للتركيب الكيميائي لكل من هذه البوليميرات، حيث يعتمد المؤلف أسلوبا واضحا في الترتيب والكتابة شارحا بالتفصيل خصائص البوليميرات العالية الأداء ومجالات تطبيقاتها الحديثة، ومدعِّما استنتاجاته بمراجع وبراءات ابتداء من عام 2000، مما يجعل هذا الكتاب ذا أهمية بالغة للمختصين والمهندسين في مجال الصناعة، كونه يقدم إضافة نوعية إلى المكتبة العلمية العربية.

ادخار الموارد: تقانات النفط والغاز من أجل أسواق الطاقة المستقبلية

Resources to Reserves: Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future

تأليف :
IEA

ترجمة :
مظهر بايرلي

سيبقى النفط والغاز سائدين في سوق الطاقة حتى عام 2030، على أقل تقدير، في حال بقيت سياسات التعامل مع الطاقة ثابتة. ولكن الطلب على النفط سيتزايد بنسبة 50 في المئة وسيتضاعف الطلب على الغاز. فما هي مصادر النفط والغاز؟ وهل سنشهد ذروة في استخراج النفط وإنتاجه في المستقبل القريب؟
إن سدّ حاجات العالم من النفط والغاز سيدعو إلى تطوير هائل في مجالي التقانة والاستثمار. فثمة حاجة إلى مزيد من التقانة المتطورة والاستثمار.
والكتاب يعرّف بخواص التقانات المستخدمة في قطاعات التنقيب والإنتاج والنقل، ويوفر تقديرات لأسعار النفط المستقبلية.

المنهجيات والتقنيات وإدارة العمليات الحديثة في هندسة البرمجيات

Emerging Methods, Technologies, and Process Management in Software Engineering



تأليف :
Andrea De Lucia [et al.]

ترجمة :
مرفت سلمان

إنه المرجع الوحيد الذي يقدم للتقنيات المستحدثة في هندسة البرمجيّات وهو يتطرق بلغة سلسلة ويسيرة إلى أربعة حقول رئيسة في هذا المضمار هي: معمارية البرمجيات، وطرائق تأثير البرمجيات في الحوسبة الخدماتية وفحص الأشياء والـUML وتطوير الشبكة الحديثة، وتقنيات التطوير، وأخيرا إدارة العمليات حيث يضع أسسا لطرائق ذكية وسلسلة لعملية الإدارة.
ويعد هذا الكتاب مثاليا لطلبة الدراسات الجامعية والعليا على حد سواء.

(*) منظمة دولية متخصصة، مستقلة لا ربحية، تأسست في بيروت بمرسوم جمهوري لبناني في الشهر 2000/4. وقد جاء تأسيسها تحقيقا لمشروع طالما عبّر المثقفون العرب عن ضرورة إنجازه، باعتبار أن الترجمة سند نهضوي من حيث نقل المعارف والفكر العالمي وتطوير اللغة العربية ذاتها. تتلقى المنظمة دعما كريما من بعض المؤسسات العربية والدولية، وقد أصدرت المنظمة حتى الآن 164 كتابا تلبية لحاجات معرفية حقيقية.

العنوان: بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة ـ الحمرا ـ بيروت ـ البريد الإلكتروني: info@aot.org.lb ـ الموقع الإلكتروني: www.aot.org.lb
ص.ب: 5996-113 حمرا بيروت 2090 1103 لبنان ـ هاتف: 753031 ـ 753024 1 (961+) ـ فاكس: 753032 1 (961+)